



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Gustavo José Correia Fernandes Ferreira

**Análise e melhoria de um processo  
produtivo de uma empresa do ramo  
automóvel**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor Sérgio Dinis Sousa**

Outubro de 2013

## DECLARAÇÃO

Nome: Gustavo José Correia Fernandes Ferreira

Endereço eletrónico: gustavo89correia@gmail.com

Telefone: 913773984/252921260

Número do Bilhete de Identidade: 13546691

Título da dissertação: Análise e melhoria de um processo produtivo de uma empresa do ramo automóvel

Orientador: Professor Doutor Sérgio Dinis Sousa

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

À Continental Mabor pela oportunidade para a realização do projeto curricular em ambiente industrial e pelas ótimas condições de trabalho para o desenvolvimento das competências profissionais e pessoais durante o tempo de estágio.

Ao meu orientador na Continental Mabor, Engenheiro Hugo Pestana, pela sua disponibilidade e preocupação para que o projeto decorresse de acordo com o planeado e os resultados pretendidos fossem atingidos. A sua postura e método de trabalho, os seus conselhos, bem como a sua resolução de problemas são inspiradores e contribuíram para a evolução do autor como profissional e pessoa.

Ao Francisco Viamonte, chefe do Departamento II – Produção a Quente, pela sua personalidade e interação com as pessoas, permitindo evoluir outras valências como a capacidade de comunicação e a brevidade na resolução de problemas.

A todos os chefes da Direção de Produção, todos operadores e supervisores do Departamento II – Produção a Quente, pela disponibilidade, vontade em ajudar, conselhos e sugestões para que tudo corresse da melhor maneira e resultados positivos fossem atingidos.

Ao meu orientador na Universidade do Minho, Professor Sérgio Sousa, pela sua disponibilidade, método de trabalho e sugestões para que soluções fossem atingidas. As suas instruções estão presente ao longo da dissertação, através da sua supervisão e ensinamentos.

A todos os docentes que tive a oportunidade de travar conhecimento e pelos ensinamentos transmitidos ao longo dos anos que estudei na Universidade do Minho.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio prestado para que tudo decorresse da melhor forma ao longo da minha vida. A disponibilidade e conselhos sinceros ajudam a que a evolução como pessoa e profissional seja atingida continuamente.

A todos os meus colegas e amigos que contribuíram positivamente na minha vida.



## RESUMO

A presente dissertação descreve um projeto de melhoria de um processo produtivo de uma empresa da indústria automóvel. Este projeto desenvolvido em ambiente industrial insere-se no último ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial para conclusão do curso.

O projeto foi desenvolvido na Continental Mabor, devido à necessidade da empresa analisar um processo produtivo que gera uma elevada quantidade de material não conforme que pode ser reaproveitado. Como tal, o projeto consistiu em reduzir este desperdício e procurar que seja reutilizado nas melhores condições.

O principal objetivo consiste na análise da situação e no desenvolvimento de propostas de melhoria para aumentar a produtividade do processo de extrusão de pisos. Aplicando o *Lean Six Sigma* (LSS), conseguiu-se identificar as variáveis que influenciam a qualidade da produção de pisos através de várias técnicas e ferramentas que as filosofias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* dispõem e que são a base do LSS.

Recorrendo ao ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), percorre-se fases para a compreensão e resolução do problema. Nas diferentes fases, executam-se técnicas e ferramentas associadas ao *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* permitindo uma análise estruturada de diferentes causas que influenciam negativamente o processo de extrusão e consequentemente a identificação de várias oportunidades de melhoria.

A quantidade de propostas de melhoria implementadas permite considerar que o projeto foi um sucesso. Os objetivos da dissertação foram atingidos, visto que a quantidade de material não conforme criado durante o processo de extrusão de pisos foi reduzida. Os custos com a qualidade diminuíram e a produtividade aumentou.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, Waste Identification Diagram.*



## **ABSTRACT**

This thesis describes a project to improve a productive process of a company from the automotive industry. This project developed in an industrial environment is part of the final year of the Master in Industrial Engineering and Management for course completion.

The project was developed in Continental Mabor, which has a production process that generates a quantity of nonconforming material that can be reused. As such, the project was to reduce this waste and seek to be reused in the best conditions.

The main objective consists to analyze the situation and the development of proposals for improvement to enhance the proper functioning of the extrusion process. Applying Lean Six Sigma (LSS), the identification the variables that influence the quality of the production treads was obtained through various techniques and tools that philosophies Lean Manufacturing and Six Sigma have and which are the basis of the LSS.

Using the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), runs up phases for understanding and resolve the problem. In different phases, executing techniques and tools associated with Lean Manufacturing and Six Sigma allowing structured analysis and different causes that negatively influence the extrusion process and hence the identification of several opportunities for improvement.

The amount of improvement proposals implemented suggests that the project was a success. The costs were reduced to quality and productivity increased, since the amount rejected of tread decreased.

## **KEYWORDS**

Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, Waste Identification Diagram.





# ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	V
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas .....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Contexto da Investigação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura do Relatório.....	4
2. Revisão Crítica da Literatura.....	5
2.1 <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	5
2.1.1 Os Sete Desperdícios ( <i>MUDA's</i> ).....	6
2.1.2 Princípios <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	8
2.1.3 Vantagens e Desvantagens do <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	9
2.2 <i>SIX SIGMA</i> .....	10
2.2.1 DMAIC.....	11
2.2.2 Vantagens e Desvantagens do <i>SIX SIGMA</i> .....	12
2.3 Integração do <i>LEAN MANUFACTURING</i> com o <i>SIX SIGMA</i> .....	13
2.4 <i>LEAN SIX SIGMA</i> .....	16
2.5 Ciclo DMAIC com ferramentas <i>LEAN SIX SIGMA</i> .....	17
2.6 Ferramentas usadas no <i>LEAN SIX SIGMA</i> .....	19
2.6.1 <i>Waste Identification Diagram</i> .....	20
2.6.2 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	23
2.6.3 <i>Standard Work</i> .....	25
2.6.4 Análise de Pareto.....	25
2.6.5 Diagrama de Causa-Efeito.....	26

2.6.6	5W1H .....	27
3.	Apresentação da Empresa .....	29
3.1	Continental AG .....	29
3.2	Continental Mabor .....	30
3.3	Estrutura Organizacional da Continental Mabor .....	31
3.4	Política da Empresa .....	32
3.5	Visão e Missão .....	32
3.6	Produto .....	33
3.7	Sistema Produtivo .....	34
3.7.1	Departamento I – Misturação .....	34
3.7.2	Departamento II – Preparação .....	35
3.7.3	Departamento III – Construção .....	35
3.7.4	Departamento IV – Vulcanização .....	36
3.7.5	Departamento V – Inspeção Final .....	36
3.7.6	Considerações sobre o sistema produtivo .....	37
3.8	Processo de Extrusão .....	37
3.8.1	Passadeiras de Alimentação .....	39
3.8.2	Extrusora .....	40
3.8.3	Cabeçote de Extrusão .....	41
3.8.4	Dispositivo de Marcação das Linhas Coloridas .....	41
3.8.5	Tanques de Arrefecimento .....	42
3.8.6	Unidade de Corte .....	43
3.8.7	Área de Sopragem .....	43
3.8.8	Sistemas de Medição .....	44
3.8.9	Armazenamento Automático .....	44
3.8.10	Acondicionamento do <i>Workoff</i> .....	45
4.	Projeto de melhoria da percentagem de <i>Workoff</i> Gerado .....	47
4.1	Fase de Definição .....	47
4.1.1	Seleção do Projeto .....	47
4.1.2	Declaração do Projeto .....	47

4.1.3	Descrição do Problema .....	49
4.1.4	Diagrama de SIPOC .....	49
4.1.5	Fluxograma do tratamento de <i>Workoff</i> .....	51
4.1.6	Planeamento da Produção .....	52
4.1.7	<i>Takt Time</i> .....	53
4.2	Fase de Medição .....	54
4.2.1	Estratificação do problema .....	54
4.2.2	Estado atual da Geração de <i>Workoff</i> .....	55
4.2.3	<i>Waste Identification Diagram</i> (WID) .....	59
4.2.4	Cálculo do nível Sigma Atual e definição do <i>Target</i> .....	64
4.3	Fase de Análise .....	65
4.3.1	Diagrama Causa-Efeito .....	66
4.3.2	Matriz Causa & Efeito .....	68
4.3.3	5W1H .....	70
4.3.4	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	72
4.4	Fase de Melhoria .....	73
4.4.1	Manual de Boas Práticas de Acondicionamento de <i>Workoff</i> .....	74
4.4.2	Borracha Vulcanizada (Grumos) .....	75
4.4.3	Dimensões do Piso .....	78
4.4.4	Linhas Coloridas .....	81
4.4.5	Encravamentos .....	82
4.4.6	Outras sugestões de melhoria não implementadas .....	83
4.5	Fase de Controlo .....	84
4.5.1	Impacto e Eficácia das Melhorias .....	85
4.5.2	Problemas Ocorridos na fase de Controlo .....	86
4.5.3	Monitorização do Processo .....	86
5.	Conclusão .....	87
5.1	Trabalho Futuro .....	88
	Referências Bibliográficas .....	89

ANEXOS .....	92
Anexo I – Política da Continental Mabor .....	93
Anexo II – <i>Layout</i> da Continental Mabor .....	94
Anexo III – Tabela WID com as observações efectuadas na extrusora 4 .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da Pesquisa-Ação (Saunders, Lewis, Thornhill, 2009) .....	3
Figura 2 - Casa TPS (Santos, 2010) .....	6
Figura 3 - Sete Desperdícios (Lima, 2009) .....	7
Figura 4 - Princípios <i>Lean Manufacturing</i> (Earley, 2011) .....	8
Figura 5 - Visão do Cliente (Arnheiter e Maleyeff, 2005) .....	15
Figura 6 - <i>Lean Six Sigma</i> (GoLeanSixSigma.com, 2013) .....	16
Figura 7 - Proposta de ferramentas a utilizar nas etapas DMAIC do LSS (LeanSixSigma, 2013) .....	18
Figura 8 - Bloco WID (Sá, Carvalho & Sousa, 2011) .....	22
Figura 9 - Setas WID (Sá, Carvalho & Sousa, 2011) .....	23
Figura 10 - Exemplo de Gráfico de Pareto (Manske, 2013) .....	25
Figura 11 - Diagrama Causa-Efeito (Pessoa, 2007) .....	26
Figura 12 - 5W1H .....	27
Figura 13 - Mapa com os locais que Continental AG encontra-se presente (Continental, 2013) .....	29
Figura 14 - Pneu Mabor de 15" (Continental, 2013) .....	30
Figura 15 - Instalações da Continental Mabor em Lousado (Continental, 2013) .....	30
Figura 16 - Organigrama da Continental Mabor (Continental, 2013) .....	31
Figura 17 - Valores do Grupo Continental (Continental, 2013) .....	32
Figura 18 - Componentes de um pneu (Continental, 2013) .....	33
Figura 19 - Misturação .....	34
Figura 20 - Preparação .....	35
Figura 21 - Construção .....	35
Figura 22 - Vulcanização .....	36
Figura 23 - Inspeção Final .....	36
Figura 24 - Extrusora (Continental, 2013) .....	38
Figura 25 - Passadeira de Alimentação da Extrusora .....	39
Figura 26 - Tremonha .....	40
Figura 27 - Extrusora (Continental, 2013) .....	40
Figura 28 - Cabeçote de Extrusão .....	41
Figura 29 - Dispositivo de Marcação .....	42

Figura 30 - Tanque de Arrefecimento .....	42
Figura 31 - Unidade de Corte .....	43
Figura 32 - Sopradores .....	43
Figura 33 - Medição Automática.....	44
Figura 34 - Armazenamento dos Pisos .....	44
Figura 35 - Mesas de <i>Workoff</i> .....	45
Figura 36 - SIPOC do processo de extrusão.....	50
Figura 37 - Fluxo do <i>Workoff</i> .....	51
Figura 38 - CBDAS (Continental, 2013).....	53
Figura 39 - Categorias das causas relativas à geração de <i>Workoff</i> .....	54
Figura 40 - Evolução Semanal de WO.....	56
Figura 41 - Pisos rejeitados no <i>Setup</i> .....	56
Figura 42 - Geração WO durante a corrida .....	57
Figura 43 - Devoluções da Construção .....	58
Figura 44 - Gráficos Pisos WO Total .....	59
Figura 45 - WID da extrusora E04 (Adaptado de Sousa (2011)) .....	60
Figura 46 - Diagrama de Observação E06 .....	62
Figura 47 - Sigma Atual .....	64
Figura 48 - Sigma Target .....	65
Figura 49 - Diagrama Causa-Efeito de Geração de WO.....	66
Figura 50 - Matriz Causa&Efeito.....	69
Figura 51 - 5W1H .....	71
Figura 52 - Más práticas e Boas práticas no Acondicionamento de WO.....	75
Figura 53 - Ponta enrolada de início de nova produção.....	76
Figura 54 - Boa prática no acondicionamento das Pontas.....	77
Figura 55 - Más e Boas práticas no WO devolvido da Construção .....	77
Figura 56 - Procedimento a executar quando detetado Borracha Vulcanizada .....	78
Figura 57 - Verificação Intermédia das Dimensões do Piso .....	79
Figura 58 - Monitor E03 com dados da receita.....	80
Figura 59 - Verificação Final com o comprimento escrito .....	81
Figura 60 - Sistema de medição das linhas de identificação .....	81
Figura 61 - Câmaras para auxiliar o operador a detetar problemas .....	82

Figura 62 - Local para o operador executar o controlo de qualidade.....	83
Figura 63 - Proposta de alteração nos carros .....	84
Figura 64 - Sigma Atual setembro 2013.....	85





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Nível sigma em função do número de defeitos produzidos .....	10
Tabela 2 - Sinergia entre <i>Lean</i> e <i>Six Sigma</i> (Adaptado de Pyzdek (2000)) .....	14
Tabela 3 - Exemplo de folha de registo usada para amostragem.....	21
Tabela 4 - Declaração do Projeto.....	48



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

<b>5S</b>	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
<b>5W1H</b>	<i>What, Why, Where, When, Who, How</i>
<b>ANOVA</b>	<i>Analysis of Variance between groups</i>
<b>C/O</b>	<i>Changeover Time</i>
<b>DMAIC</b>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
<b>DOL</b>	Direção de Operações e Logística
<b>DP</b>	Departamento
<b>DPMO</b>	Defeitos por milhão de oportunidades
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and effects analysis</i>
<b>IPOC</b>	<i>In Process Change of Compound</i>
<b>JIT</b>	<i>Just-in-time</i>
<b>KPI</b>	<i>Key Performance Indicator</i>
<b>LM</b>	<i>Lean Manufacturing</i>
<b>LSS</b>	<i>Lean Six Sigma</i>
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
<b>MRP</b>	<i>Material Requirements Planning</i>
<b>OEE</b>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<b>SAP</b>	<i>Systems, Applications and Products</i>
<b>SIPOC</b>	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
<b>SMED</b>	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
<b>TC</b>	Tempo de Ciclo
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance</i>
<b>TPS</b>	<i>Toyota Production System</i>
<b>TT</b>	<i>Takt Time</i>
<b>VSM</b>	<i>Value Stream Mapping</i>
<b>WID</b>	<i>Waste Identification Diagram</i>
<b>WIP</b>	<i>Work in process</i>
<b>WO</b>	<i>Workoff</i>



## **1. Introdução**

Neste capítulo é descrito o contexto da investigação, a empresa onde foi realizado o projeto, o que motivou o desenvolvimento deste trabalho e os objetivos que se almeja atingir utilizando uma metodologia de investigação que será descrita. Por último, de forma a orientar o leitor, é apresentada a estrutura da presente dissertação.

### **1.1 Contexto da Investigação**

“Algumas das estratégias utilizadas por empresas de manufatura para competir no mercado incluem tentativas de reduzir custos e melhorar a qualidade de seus produtos” (Abdul-Kader, Ganjavi, & Solaiman, 2010). Uma empresa para manter a sua quota num mercado competitivo, atingir novas economias emergentes e lançar produtos inovadores, tem de analisar o seu sistema produtivo para dessa forma identificar desperdícios e tentar eliminá-los, para garantir uma poupança e um ganho considerável da anulação de gastos improdutos.

O projeto de dissertação decorreu na empresa Continental Mabor, uma fábrica que produz cerca de 15 milhões de pneus por ano. Um dos processos centrais na produção de pneus é o processo de extrusão. Este gera uma quantidade de material não conforme, sendo necessário avaliar a situação e identificar as causas principais que motivam a perda de material. Para reduzir desperdícios utilizam-se técnicas e ferramentas que estão descritas na literatura. A questão da investigação consiste em selecionar e aplicar as técnicas que produzam resultados eficazes e eficientes no processo (e respetivo contexto) acima referido. As técnicas são selecionadas de acordo com a sua finalidade, ou seja, o que se obtém através da sua utilização. São aplicadas segundo o seu conceito, dependendo da resposta que se pretende chegar. Após a sua aplicação, indicarão caminhos para uma possível solução ou entendimento de uma ocorrência. Elas revelar-se-ão eficazes e eficientes se os objetivos propostos forem atingidos com o menor número de recursos empregues na descoberta de respostas ou no desenvolvimento de ações de melhoria.

“Quando o objetivo do fabricante é eliminar o desperdício ou criar um processo mais eficiente, são frequentemente procuradas técnicas inovadoras para melhoria de processos” (Hardeman & Goethals, 2011). O *Lean Six Sigma* é a união de duas filosofias de melhoria. *Lean* foca-se na eliminação das atividades que não acrescentam valor, enquanto o *Six Sigma* procura a redução de variância nos processos. O *Lean Six Sigma* é entendido como uma filosofia de melhoria baseada em factos e

impulsionada por dados, que valoriza a prevenção de defeitos em detrimento da deteção dos mesmos, visando a satisfação total do cliente através da entrega da melhor qualidade ao menor custo possível.

“A observação, ferramenta associada ao *Lean*, não só aumenta a velocidade ao eliminar resíduos, mas também ajuda a identificar as causas das variações nas características de qualidade de saída, cuja redução é o principal objetivo de um programa *Lean Six Sigma*” (Arumugam, Antony, & Douglas, 2012). O modelo de análise e diagnóstico designado por *Waste Identification Diagram* (WID) permite observar e identificar os desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo. Este modelo consiste num conjunto de observações, no qual dará informações relativas ao desempenho da unidade, sendo necessário clarificar onde começa e onde acaba a unidade produtiva, quais os processos e equipamentos a serem considerados e as pessoas envolvidas. Segundo Sá, Carvalho e Sousa (2011), conceitos básicos como balanceamento da linha, esforço de transporte e tempo de *setup* também são considerados.

Após a recolha de dados e tratamento da informação, irá concluir-se se o desperdício está relacionado com o processo, homem, máquina ou material. O Diagrama Causa-Efeito é uma ferramenta eficaz e utilizado nas ações de melhoria e controlo de qualidade, permitindo agrupar, organizar e visualizar várias causas que estão na origem de um problema. Os diagramas são feitos por grupos de trabalho e envolvem todos os agentes do processo em análise. Após identificado qual o problema ou efeito a ser estudado, é elaborada uma lista das possíveis causas e depois ordena-se todas as informações de forma sucinta, apresentando as causas principais e eliminando a informação dispensável.

Com as principais causas identificadas através de várias técnicas utilizadas (*brainstorming*, análise de Pareto, matriz causa & efeito) idealizou-se um plano de melhoria colocando em prática a ferramenta 5W1H. Esta ferramenta permitirá descrever as particularidades de uma causa seguindo uma estrutura metodológica que proporcione fundamentar a identificação das fragilidades do processo de extrusão e orientar um plano de ação para efetivar a integração da resolução dos problemas. Esta técnica permite identificar um problema, configurar um plano de ação e consequentemente a melhoria contínua do processo e nos sistemas de gestão da qualidade.

Assim, existem evidências que sugerem que as ferramentas e técnicas utilizadas na redução de desperdícios através do *Lean Six Sigma* são eficazes.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo da dissertação é apresentar soluções que aumentem a produtividade do processo de extrusão de pisos através da redução de um material não conforme que é gerado durante a produção.

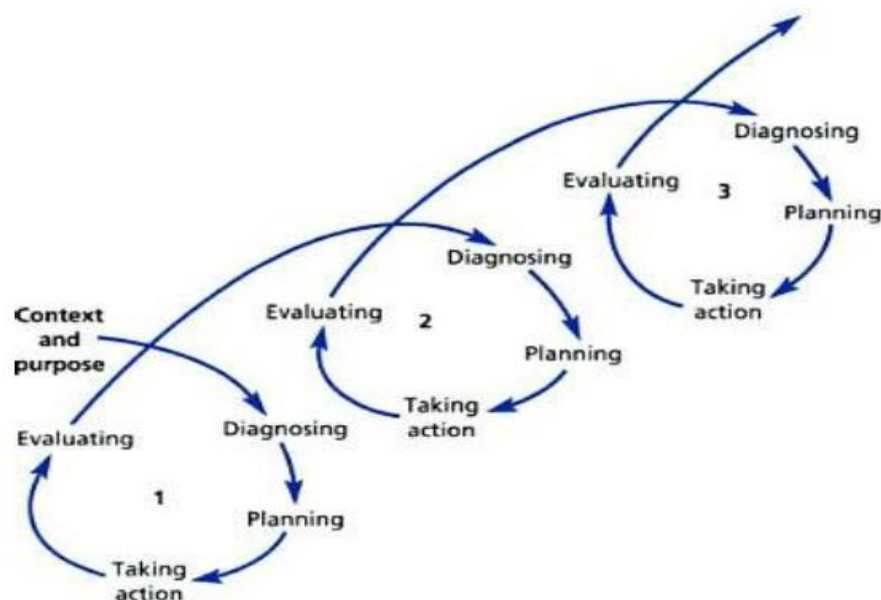
Para tal, o autor irá recolher informação junto das máquinas e operadores, constatando e percebendo dificuldades, falhas e más práticas. Em discussão com os elementos do projeto *Lean Six Sigma*, são idealizadas as melhores propostas para gerar aumento de qualidade e produtividade.

A seleção do projeto foi efetuada pela Continental Mabor, devido ao aumento considerável de material não conforme em *stock* para reaproveitamento. Em suma, as fases do trabalho são:

- Análise do processo produtivo para identificar causas geradoras de material não conforme;
- Quantificação das causas;
- Identificação das causas principais geradoras de desperdícios no processo de extrusão;
- Propostas de melhoria para redução de desperdícios.

### 1.3 Metodologia de Investigação

A metodologia utilizada para responder à proposta e objetivos estabelecidos foi a metodologia Pesquisa-Ação. A pesquisa-ação é uma investigação iniciada para resolver um problema, denominada por vezes por pesquisa-ação participativa devido, neste caso, à convivência junto do processo e a interação com chefias, supervisores, operadores e técnicos, transmitindo informações para o entendimento de falhas, fraquezas e debilidades do processo. Segundo Saunders et al/ (2009), a pesquisa-ação distingue-se de outras abordagens pelo foco na ação e no incentivo à “mudança” na organização. Na Figura 1 é apresentado o ciclo da metodologia Pesquisa-Ação.



**Figura 1 - Ciclo da Pesquisa-Ação (Saunders, Lewis, Thornhill, 2009)**

A Figura 1 evidencia o porquê da pesquisa-ação ser uma metodologia eficaz na resolução de problemas. O ciclo inicia-se com o diagnóstico do que impede o sucesso do processo de extrusão, são

planeadas e desenvolvidas medidas de melhoria, age-se ao colocar em prática ações planeadas, avalia-se o impacto dessas medidas tomadas e finalmente, aprende-se e obtém-se mais conhecimento sobre o processo para a resolução de problemas futuros. Durante a realização deste projeto, o autor realizou o ciclo pesquisa-ação por cinco vezes, para o entendimento do processo de extrusão e diagnóstico de problemas mediante as ações tomadas.

#### **1.4 Estrutura do Relatório**

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica, sendo o foco principal o *Lean Six Sigma* (LSS). Para o autor cimentar e aplicar corretamente o LSS, são revistas as filosofias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*. As ferramentas associadas ao *Lean* e ao *Six Sigma* possíveis de aplicação no LSS são também referidas. O WID e o 5W1H podem-se incluir como ferramentas pertencentes ao *Lean* e *Six Sigma*, respetivamente, e serão revistas na bibliografia dado que podem ser aplicadas no ciclo Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (do inglês DMAIC) do LSS.

O terceiro capítulo apresenta a empresa. Transmite informação sobre a história da empresa, a sua estrutura, o produto que fabricam e a descrição geral do sistema produtivo. Além do referido, é caracterizado o processo de extrusão ao pormenor, explicando os elementos produtivos incorporados e indispensáveis à extrusão do piso. Desta forma, o leitor compreenderá o processo que originou o desenrolar do LSS apresentado no quarto capítulo.

O quarto capítulo é dedicado ao projeto de melhoria implementado, o *Lean Six Sigma*. O problema é caracterizado, medido e analisado, e são apresentadas ações de melhoria nesta fase do relatório.

O quinto capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho desenvolvido e sugere caminhos para ações de melhoria futuras.



## **2. Revisão Crítica da Literatura**

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica sobre as técnicas selecionadas que poderão ser aplicadas para a produção de resultados eficazes e eficientes no processo de extrusão. O *Lean Six Sigma* é uma metodologia que envolve duas filosofias, o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma*. Após caracterizadas as filosofias integradas e originadoras do *Lean Six Sigma*, são apresentadas técnicas geralmente associadas à utilização das referidas filosofias.

### **2.1 LEAN MANUFACTURING**

O termo *Lean Manufacturing* foi inserido no livro “*The Machine that changed the world*” (Womack, Jones & Roos (1990)), tornando-se no paradigma produtivo conhecido pela procura da melhoria contínua do processo produtivo através da eliminação de desperdício (atividades que não acrescentam valor ao produto) contribuindo para a sustentabilidade da empresa (produzir mais com menos).

No final da década de 40 no Japão, nasce a filosofia que é a base do *Lean Manufacturing*. Eiji Toyoda pretendia implementar a produção em massa na Toyota, tal como Henry Ford fez na Ford *Motor Company*, mas devido a restrições de capital e o mercado japonês não possuir um elevado volume de vendas comparativamente ao mercado ocidental, não se justificava a produção de grandes lotes. A passagem de Taiichi Ohno do setor da tecelagem e fiação para o setor automóvel da Toyota originou uma visão e abordagens diferentes.

Para Ohno (1988) a produção de grandes lotes resultava em elevado *stock*, implicando em custos de armazenamento e em espaço ocupado. Além disto, a pouca diversificação de produtos não estava adequada ao potencial número de clientes. Esta debilidade do mercado ocidental foi aproveitada mais tarde pela indústria japonesa, conseguindo uma vantagem competitiva através da flexibilidade.

Com a visão de Ohno, surge o *Toyota Production System* (TPS), uma solução para produzir um fluxo contínuo que não fosse dependente de ciclos longos de produção para ser eficiente. De acordo com Ohno (1988), a base de sustentação do TPS é constituída por dois alicerces: o *Autonomation* (*Jidoka*) e o *Just in Time* (JIT), como evidenciado na Figura 2.

O *Jidoka* é a capacidade dos equipamentos produtivos pararem a produção quando alguma anomalia ocorre, evitando assim a fabricação de produtos com defeito.

A produção *Just in Time* (JIT) consiste na produção do necessário no momento e nas quantidades pedidas, para assim atingir a eliminação absoluta de desperdícios (Ohno, 1988).



Figura 2 - Casa TPS (Santos, 2010)

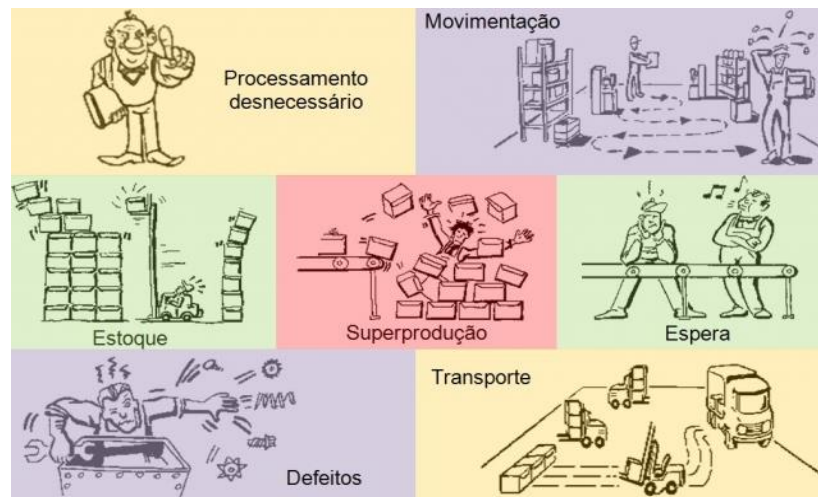
Na base da “casa” TPS assenta a filosofia Toyota: produção nivelada com processos estáveis e normalizados, e com auxílio à gestão visual. No centro da “casa” está a melhoria contínua (*Kaizen*) como meio de redução do desperdício (*Muda*) em que o envolvimento e evolução dos colaboradores são necessários para atingir bons resultados.

O telhado da “casa” corresponde às metas que poderão ser atingidas com a estrutura referida, ou seja, a melhor qualidade, o menor custo, o menor tempo, o melhor serviço, a maior segurança, com elevada motivação dos colaboradores.

### 2.1.1 Os Sete Desperdícios (*MUDA's*)

Segundo Ohno (1988), desperdício representa todas as atividades que num determinado sistema de produção não acrescentam valor ao produto, mas consomem num determinado momento recursos materiais, humanos ou financeiros.

Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdício (*Muda's*), representados na Figura 3 e descritos de seguida.



**Figura 3 - Sete Desperdícios (Lima, 2009)**

**Sobre-processamento:** são operações realizadas no processo produtivo, desnecessárias para o processamento do produto e sem acréscimo de valor ao produto final. Poderá ser entendido como algo realizado de maneira errada, com o uso de ferramentas e equipamentos de forma incorreta, devido à falta de formação do operador ou má especificação das instruções de trabalho, podendo o processo ser abordado de modo mais simples e eficaz.

**Movimentação:** movimentos desnecessários de pessoas, correspondendo a um mau fluxo de trabalho, a um local de trabalho mal organizado e a falta de um método de trabalho.

**Stock:** todo o excesso de material (matérias-primas, produto acabado ou *work-in-process*). Este excesso resulta em elevados custos de inventário e na ocupação de espaço.

**Superprodução:** produção de quantidades superiores às que são necessárias, levando a níveis excessivos de *stock*.

**Esperas:** todo o período de inatividade de um operador ou equipamento, podendo esta espera resultar da falta de material, avaria no equipamento ou longos tempos de *setup*.

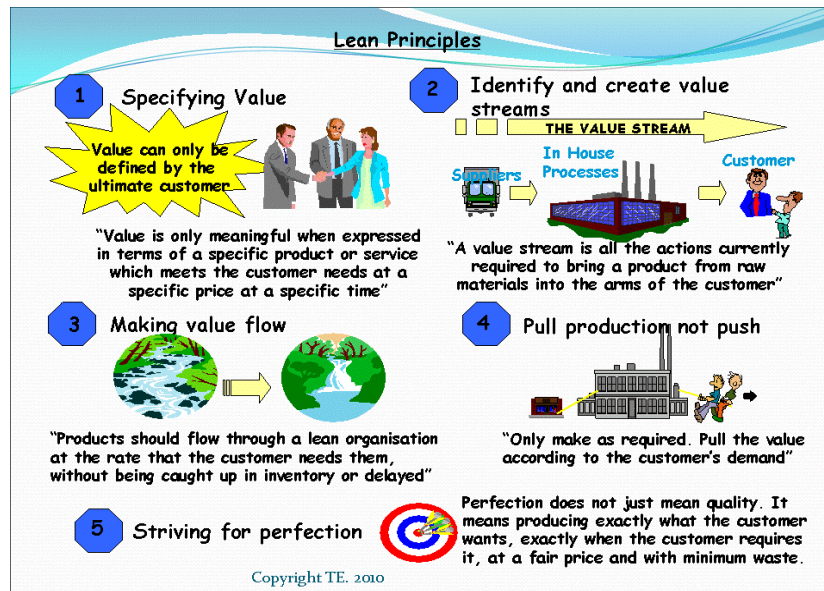
**Defeitos:** são problemas de qualidade. O produto não se encontra dentro das especificações necessárias para satisfazer o cliente.

**Transporte:** deslocações excessivas de materiais e informação, gerando gastos de capital, tempo e energia.

O *Lean Manufacturing* procura a melhoria do sistema produtivo procurando identificar e eliminar os desperdícios referidos.

### 2.1.2 Princípios **LEAN MANUFACTURING**

Os princípios do *Lean Manufacturing* identificados por Womack & Jones (2003) são: a especificação do valor, a identificação do fluxo de valor, a criação de fluxo, implementação de um sistema puxado quando a produção não é fluída e a procura da perfeição (melhoria contínua = *Kaizen*). A Figura 4 apresenta os princípios base do *Lean Manufacturing* e descritos em seguida.



**Figura 4 - Princípios *Lean Manufacturing* (Earley, 2011)**

1. A especificação do valor é o ponto de partida do *Lean Manufacturing*, obter conhecimento daquilo que é valor para o cliente e ele esteja disposto a pagar.
2. A identificação do fluxo de valor permite identificar todas as atividades que adicionam valor para o cliente. As atividades de suporte não são representadas, só as tarefas que acrescentam valor. Tudo o que é desperdício é eliminado, restando somente a cadeia de valor.
3. A criação de fluxo é a identificação do valor e o desperdício, eliminando este último para implementar um processo contínuo e organizado, evitando o desperdício e gerar o “*One-Piece-Flow*”.
4. O sistema puxado significa arrancar a produção apenas quando necessário, ou seja, ir de encontro às necessidades do cliente.
5. A melhoria contínua entende-se como a procura incessante do processo produtivo perfeito, livre de defeitos, por meio da eliminação do que não gera valor e consequentemente, a melhoria dos outros princípios referidos.

### **2.1.3 Vantagens e Desvantagens do *LEAN MANUFACTURING***

Existem casos de sucesso da implementação *Lean Manufacturing* em diversos tipos de setores (Automóvel, Alimentar, Têxtil, Metalomecânica, Química, etc.) em que o resultado final transparecem um ambiente fabril mais limpo, organizado, com poupança de dinheiro e tempos ao eliminar atividades que não acrescentavam valor ao produto. Mas nos vários setores existem diferenças do processo produtivo, organizacional e de mentalidade, em que por vezes o grau de dificuldade da implementação da filosofia torna-se mais elevado.

Segundo Hayes (2000), as iniciativas organizacionais para a implementação do *Lean Manufacturing*, devem ser devidamente planeadas antes da sua implementação. Antony et al. (2003) afirmam que o envolvimento e o comprometimento da gestão são os pré-requisitos importantes para uma iniciativa de melhoria de produtividade e qualidade.

O fator crítico de sucesso na implementação do *Lean Manufacturing* são as pessoas. O objetivo desta aplicação é de atingir as consequências positivas da utilização de várias ferramentas LM e incentivar uma mentalidade de melhoria. As vantagens do ponto de vista industrial são: a redução dos investimentos para uma produção igual, aumento da produção, produção ecológica, fábricas mais compactas e melhoria da qualidade. A nível financeiro haverá uma redução dos *stocks* e dos capitais utilizados e um aumento dos lucros através da redução dos custos de produção. E a nível comercial, a produção é adaptada à procura, há redução dos prazos de entrega e uma maior satisfação dos clientes.

Como qualquer sistema de gestão existem desvantagens. As dificuldades de implementação do *Lean Manufacturing* são os problemas de aprovisionamento com os fornecedores devido à produção otimizada (atrasos de transporte e erros de qualidade), o custo de implementação de algumas propostas de melhoria (mudar *layout's*, formações aos operadores, compra de máquinas), a falta de aceitação por parte dos operadores (resistentes a novos métodos, controlo de qualidade executado pelo operador) e os problemas com a insatisfação dos clientes (falhas nas entregas dos fornecedores que obrigam o atraso da data de entrega ao cliente).

O *Lean Manufacturing* é uma ferramenta eficaz na eliminação de desperdícios, dado que dispõe de várias ferramentas na procura de respostas e que permitem fundamentar soluções para um problema. O entrave que esta filosofia enfrenta é o clima de mudança que impõe, visto que existem pessoas reticentes a uma melhoria porque exigirá maior exigência ou mudança da rotina de trabalho.

## **2.2 SIX SIGMA**

A filosofia *Six Sigma* foi desenvolvida pela *Motorola* no início da década de 80, devido à forte concorrência existente no mercado, da crescente necessidade de fabricar produtos com melhor qualidade e a custos mais baixos. Com a liderança de Bob Galvin, a empresa desenvolveu uma nova forma de medição de defeitos (defeitos por milhão de oportunidades (dpmo)), dando início a um processo de mudança cultural na organização para que as melhorias surtisse efeito nos produtos. Hoje em dia é uma das filosofias mais estruturadas para atingir a excelência, contribuindo com conceitos, métodos, técnicas e ferramentas que ajudam o desenvolvimento da organização quer na melhoria de produtos como processos permitindo atingir uma vantagem competitiva sólida (Chakrabarty e Tan, 2007).

A origem do termo “Sigma” surge da medida estatística de quantificação da variabilidade, o desvio-padrão. O sigma representa a dispersão em torno da média do processo, que em termos práticos representa a competência deste produzir produtos conformes. Na Tabela 1 é apresentada o nível Sigma de um processo, que pode ser obtido a partir do número de defeitos produzidos com o auxílio de uma tabela de conversão. O nível seis sigma corresponde à ocorrência de uma taxa de defeitos de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades e a definição do resultado mais próximo possível da perfeição de desempenho.

**Tabela 1 - Nível sigma em função do número de defeitos produzidos**

<b>Nível Sigma</b>	<b>Defeitos por milhão de oportunidades</b>
1	691462
2	308357
3	66807
4	6210
5	233
6	3,4

O *Six Sigma* é estruturada e sistemática, com base em métodos científicos e estatísticos, utilizados para melhorar o desempenho dos processos/produtos ou a qualidade de um serviço com valor para o cliente através da redução da variação existente nos mesmos, sustentados por técnicas estatísticas (Kumar, 2007). O *Six Sigma* traz estrutura para a melhoria de processos, fornecendo ao utilizador uma descrição detalhada, orientando a iniciativa através do DMAIC, um ciclo de cinco estágios: definição,

medição, análise, melhoria, e controlo do projeto de melhoria. Cada fase possui uma série de ferramentas e técnicas, tais como o controlo estatístico de processos, o planeamento de experiências, proporcionando ao utilizador meios para medir, analisar, melhorar e controlar os processos críticos.

### **2.2.1 DMAIC**

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) tem como propósito a melhoria dos processos, resultando em melhor qualidade dos produtos (Pande et al (2000)). Baseado no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) foi criado o modelo DMAIC, sendo considerado por vários autores como as cinco etapas do *Six Sigma*. Em cada etapa do ciclo DMAIC é necessário garantir os melhores resultados possíveis.

Segundo McClusky (2000):

#### **D – Definir:**

Definir com precisão o objetivo do projeto.

Definir quem são os clientes, quais são as exigências para os produtos e quais as suas expectativas.

Definir os limites do projeto, o seu início e o fim.

#### **M – Medir:**

Determinar o foco do problema, efetuando uma recolha de dados que permita validar e quantificar o problema.

Obter dados de várias fontes para determinar os tipos de defeitos e métricas.

Determinar se o equipamento de medida é adequado.

#### **A – Analisar:**

Determinar as causas de cada problema prioritário.

Identificar as lacunas entre o desempenho atual e o desempenho meta.

*Priorizar* oportunidades para melhorar.

Identificar fontes de variação.

#### **I – Melhorar:**

Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.

Criar soluções utilizando tecnologia e disciplina.

Desenvolver e implementar um plano de ação.

### **C – Controlo:**

Definir planos a longo prazo com o objetivo de evitar a repetição de problemas. Exige o desenvolvimento de documentação e implementação de um plano de monitorização contínua.

Institucionalizar as melhorias através da modificação de sistemas e estruturas (pessoal, formações, incentivos).

No decorrer do ciclo DMAIC é adquirida informação relativa às causas que têm efeitos negativos no problema através da recolha de dados. De seguida, os dados são tratados com uma análise detalhada para obter respostas, sendo expetável, na fase de melhoria, a envolvimento de todos os interessados na procura de soluções que gerem resultados positivos.

### **2.2.2 Vantagens e Desvantagens do *SIX SIGMA***

A filosofia *Six Sigma* é a implementação rigorosa e eficaz, de princípios e técnicas. Ao incorporar técnicas de muitos pioneiros da qualidade, procura o desempenho virtualmente livre de erros. O *Six Sigma* foi difundido após o sucesso em grandes organizações, devido aos ganhos produtivos, comerciais e de imagem conseguidos, e considerados elementos essenciais para uma empresa ser competitiva. A utilização desta filosofia no presente continua a apresentar casos de sucesso em diversas áreas (Engenharia, Marketing, Saúde, Financeira, Investigação e Desenvolvimento) o que demonstra a sua versatilidade na resolução de problemas. Mas, tal como o *Lean Manufacturing*, os diferentes interesses podem subjugar o projeto de melhoria ao fracasso.

Segundo Wyper and Harrison (2000) os fatores chave para o sucesso de implementação de um programa *Six Sigma* numa indústria ou serviços organizacionais são: compromisso da gestão e o seu envolvimento; entender a filosofia *Six Sigma*, ferramentas e as suas técnicas; unir o *Six Sigma* à estratégia de negócio, fornecedores e clientes; uma organização estruturada, disposta a uma mudança de cultura; escolha e treino dos recursos humanos que irão fazer parte das equipas de projeto *Six Sigma*.

As vantagens da implementação do *Six Sigma* são: a preocupação permanente na redução da quantidade de desperdício; o acréscimo e retenção de clientes resultantes do método, otimização e controlo de processos do programa *Six Sigma*; a promoção da aprendizagem através da elaboração e partilha de ideias, estabelecimento de metas de forma a equipa trabalhar dentro de um prazo e para o



mesmo objetivo. No desenvolvimento de um projeto de melhoria, o ciclo DMAIC ajudará na capacidade de gestão do projeto para que tudo decorra como planeado e a procura de respostas seja alcançada.

A desvantagem na implementação do *Six Sigma* é a criação da cultura apropriada do projeto de melhoria escolhido e só será possível através da constituição da equipa *Six Sigma*. Os elementos pertencentes ao projeto são fundamentais para o desenrolar das fases do ciclo DMAIC, devendo receber formação para possuir a graduação relativa ao nível de habilidade exetável para o patamar correspondente. A hierarquia no *Six Sigma*, do superior ao inferior é a seguinte: Executivo Líder, *Champions*, *Master Black Belt*, *Black Belts* e os *Green Belts*. O custo de implementação do *Six Sigma* é elevado visto que envolve treino aos colaboradores, aquisição e desenvolvimento de softwares, etc..

Existem evidências que o *Six Sigma* é eficaz, capaz de gerar bons resultados a nível de qualidade e redução de custos. O ciclo DMAIC impõe uma estrutura, percorrendo um caminho para obter uma resposta sobre um estado atual, aliado a ferramentas e técnicas da qualidade que permitem compreender verdadeiramente um processo. O comprometimento das pessoas envolvidas no projeto é importante para o sucesso do projeto de melhoria.

### **2.3 Integração do *LEAN MANUFACTURING* com o *SIX SIGMA***

O termo “*Lean Six Sigma*” é usado para descrever a integração das filosofias *Lean* e *Six Sigma* (Sheridan, 2000). As duas filosofias implementadas de forma isolada, poderão criar subculturas de *Lean* e de *Six Sigma* dentro das organizações provocando um desencontro de interesses e numa perda de recursos.

O *Six Sigma* complementa o *Lean* ao fornecer as ferramentas e o conhecimento para lidar com problemas específicos que são identificados ao longo da implementação *Lean*. Segundo Bendell (2006), o *Six Sigma* concentra o trabalho do projeto na variação identificada a partir de um padrão, e não se foca inteiramente nas necessidades dos clientes, em vez disso, é um exercício de redução de custos que pode perder de vista o cliente se não for implementado juntamente com o *Lean Manufacturing*.

Semelhanças são traçadas entre o *Lean* e o *Six Sigma*, possuindo ambas a necessidade de uma cultura de melhoria contínua em todos os níveis dentro da organização. A Tabela 2 resume os passos de implementação do *Lean Manufacturing* juntamente com as ferramentas *Six Sigma*, que podem ser utilizadas como um auxílio para alcançar metas. Pode ser observado que o *Lean* e o *Six Sigma* são

adequados para que numa metodologia englobe os principais elementos de ambos, já que cada fase (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) pode ganhar com as técnicas respetivas a cada filosofia.

**Tabela 2 - Sinergia entre *Lean* e *Six Sigma* (Adaptado de Pyzdek (2000))**

<i>Lean Manufacturing</i>	<i>Six Sigma</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Estabelecer Metodologia de Melhoria.</li><li>• Concentrar no fluxo de valor para o cliente.</li><li>• Usar uma implementação baseada num projeto.<ul style="list-style-type: none"><li>• Compreender as condições atuais.</li></ul></li><li>• Recolher dados do produto e produção.<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Layout</i> atual e fluxo.</li><li>• Tempo do Processo.</li></ul></li><li>• Calcular a Capacidade do Processo e o <i>Takt Time</i>.</li><li>• Criar folhas de trabalho standardizado.<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliar as opções.</li><li>• Novo plano de <i>layouts</i>.</li><li>• Teste para confirmar melhoria.</li></ul></li><li>• Reduzir os tempos de ciclo, defeitos de produtos, falhas de equipamentos, etc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metodologia de implementação da política.<ul style="list-style-type: none"><li>• Medição dos requisitos do cliente.</li><li>• Capacidade de gestão de projetos.<ul style="list-style-type: none"><li>• Descoberta de conhecimento.</li></ul></li></ul></li><li>• Recolha de dados e ferramentas de análise.</li><li>• Mapeamento de processos e fluxogramas.<ul style="list-style-type: none"><li>• Planeamento de controlo do processo.<ul style="list-style-type: none"><li>• Causa-Efeito, FMEA.</li></ul></li></ul></li><li>• Capacidade da Equipa, gestão de projetos.</li><li>• Métodos Estatísticos para comparações válidas.<ul style="list-style-type: none"><li>• Ferramentas de Gestão.</li></ul></li><li>• Ferramentas de Controlo de Qualidade.<ul style="list-style-type: none"><li>• Planeamento de Experiências.</li></ul></li></ul>

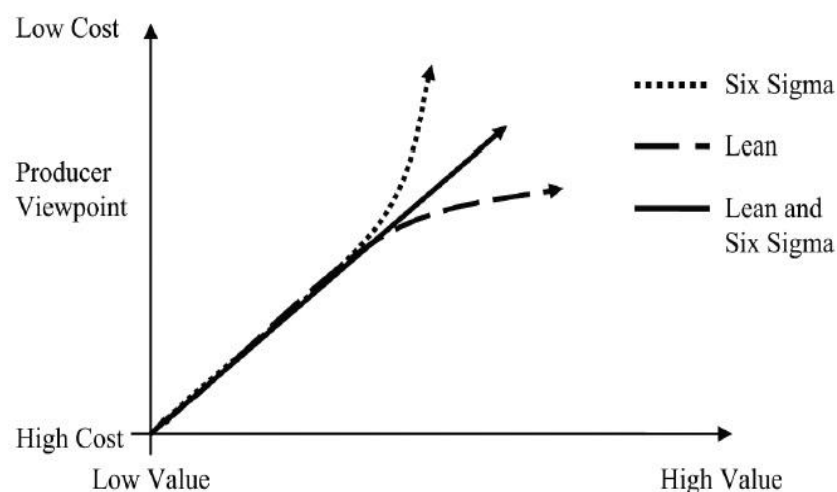
A integração do *Lean* e *Six Sigma* tem como objetivo direccionar cada tipo de oportunidade de melhoria dentro de uma organização. Considerando o *Six Sigma* aplicado só por alguns elementos específicos dentro de uma empresa, o *Lean* procura a participação e educação de todos na organização para identificar e eliminar atividades sem valor acrescentado (Higgins, 2005). Segundo Harrison (2006), as duas filosofias tentam fornecer conhecimento, de modo os colaboradores possuam um verdadeiro controlo do processo, limitado pelas necessidades dos diferentes elementos dentro da organização.

Quando implementado como uma filosofia autónoma, não existe limite para o âmbito e tamanho das melhorias obtidas através da aplicação dos princípios *Lean*. Antony et al. (2003) sugerem que a melhoria é alcançada porque a estratégia utilizada depende do problema a tentar ser resolvido e deve estar alinhada para alcançar resultados efetivos.

Segundo Sharma (2003), a filosofia *Six Sigma* deve ser usada para ajudar a impulsionar a implementação dos esforços *Lean* numa iniciativa de melhoria, dada a dificuldade em estabelecer diferentes impulsos ao tentar estender a filosofia em toda a organização ou cadeia de abastecimento. Os esforços devem ser dirigidos através de uma abordagem forte, capaz de manter a direção e foco dentro da empresa.

Ambas as abordagens procuram o mesmo objetivo final, atingir a qualidade total, quer seja do produto, processo, serviço ao cliente, ou a formação e educação da força de trabalho. Elas são eficazes por si só, mas as organizações podem achar que após a melhoria inicial, atingem uma posição confortável e achar difícil incentivar uma cultura permanente de melhoria contínua. Para superar isso, a abordagem *Lean* deve integrar o uso de dados direcionados para tomar decisões e também adotar uma filosofia mais científica para a qualidade dentro do sistema. O *Six Sigma*, por outro lado, tem de adotar uma abordagem de sistemas mais larga, tendo em conta os efeitos dos desperdícios (*Muda's*) no sistema como um todo, e por conseguinte, os níveis de qualidade e de variação (Arnheiter e Maleyeff, 2005).

A Figura 5 mostra cada filosofia implementada como única e o equilíbrio de custo/valor alcançado se forem implementadas em conjunto.



**Figura 5 - Visão do Cliente (Arnheiter e Maleyeff, 2005)**

Segundo Arnheiter e Maleyeff (2005), a visão do cliente (Figura 5) é o conceito fundamental para a integração das duas abordagens de melhoria contínua, o equilíbrio deve ser atingido entre o *Lean* e o *Six Sigma*, afastando-se assim de uma abordagem cega, tornando a organização flexível nas respostas ao mercado e posteriormente, a criação de valor.

O *Six Sigma* concentra-se na redução da variação além dos requisitos do cliente e gasta recursos na busca da variação zero. Na aplicação do *Lean*, mudanças significativas acontecem sem que isso

permita profunda compreensão do sistema/processo. Se forem aplicadas apenas técnicas *Lean*, levará tempo para desenvolver o entendimento necessário para levar adiante a iniciativa de melhoria, algo que também pode ser visto como um fator que contribui para a insustentabilidade. O equilíbrio no *Lean Six Sigma* é encontrado quando se cria valor suficiente do ponto de vista do cliente, a fim de manter a quota de mercado, enquanto simultaneamente executa-se a redução da variação para níveis aceitáveis, de modo a diminuir os custos incorridos.

A aplicação de ferramentas e técnicas *Lean* identifica áreas-chave que podem ser aproveitados por técnicas do *Six Sigma*. As técnicas *Lean* são usadas para analisar e melhorar a organização a um nível operacional, reduzindo a complexidade e as interações dentro de um sistema, através da remoção de atividades sem valor agregado. A partir dessa redução na complexidade, *Lean* identifica oportunidades de melhoria que podem ser aproveitadas através da aplicação de técnicas *Six Sigma*, dirigindo a melhoria do sistema para um ambiente ainda mais *Lean*.

## 2.4 LEAN SIX SIGMA

O princípio do *Lean Six Sigma* é o foco nas atividades críticas para a qualidade e que criam atrasos nos processos. Esta estratégia permite oportunidades de melhoria em custo, qualidade e *lead-time*. A fusão das filosofias dispõe de ferramentas que possibilita a colocação de um processo sobre controlo estatístico e a melhoria da velocidade do processo.

A Figura 6 permite, de forma resumida, apresentam os resultados expetáveis com a implementação do *Lean Six Sigma*.



**Figura 6 - *Lean Six Sigma* (GoLeanSixSigma.com, 2013)**

O *Lean Six Sigma* irá proporcionar a resolução de problemas e uma melhoria dos processos de forma rápida e eficiente. As empresas ao optar pelo *Lean Six Sigma* têm como objetivo melhorar o

desempenho da organização tentando adquirir uma vantagem competitiva, gerando maior lucratividade e valor para o cliente.

Os principais benefícios que a implementação *Lean Six Sigma* concebe são a redução percentual de fabricação de produtos defeituosos, o aumento do nível de satisfação dos clientes, a redução do tempo exigido no desenvolvimento de novos produtos, a redução de *stocks* e no aumento do rendimento do processo e volume de vendas.

Porém, as desvantagens da aplicação do LSS são o elevado custo de implementação (formação dos colaboradores, propostas de melhoria com elevado custo) e a resistência de alguns colaboradores a aceitar uma mudança. Além do referido, o potencial número de caminhos de melhoria que esta metodologia pode indicar, poderá levar a um distanciamento do real objetivo do projeto. Mas é preferível existir várias oportunidades de melhoria fruto das várias técnicas e ferramentas que o LSS dispõe do que nenhuma.

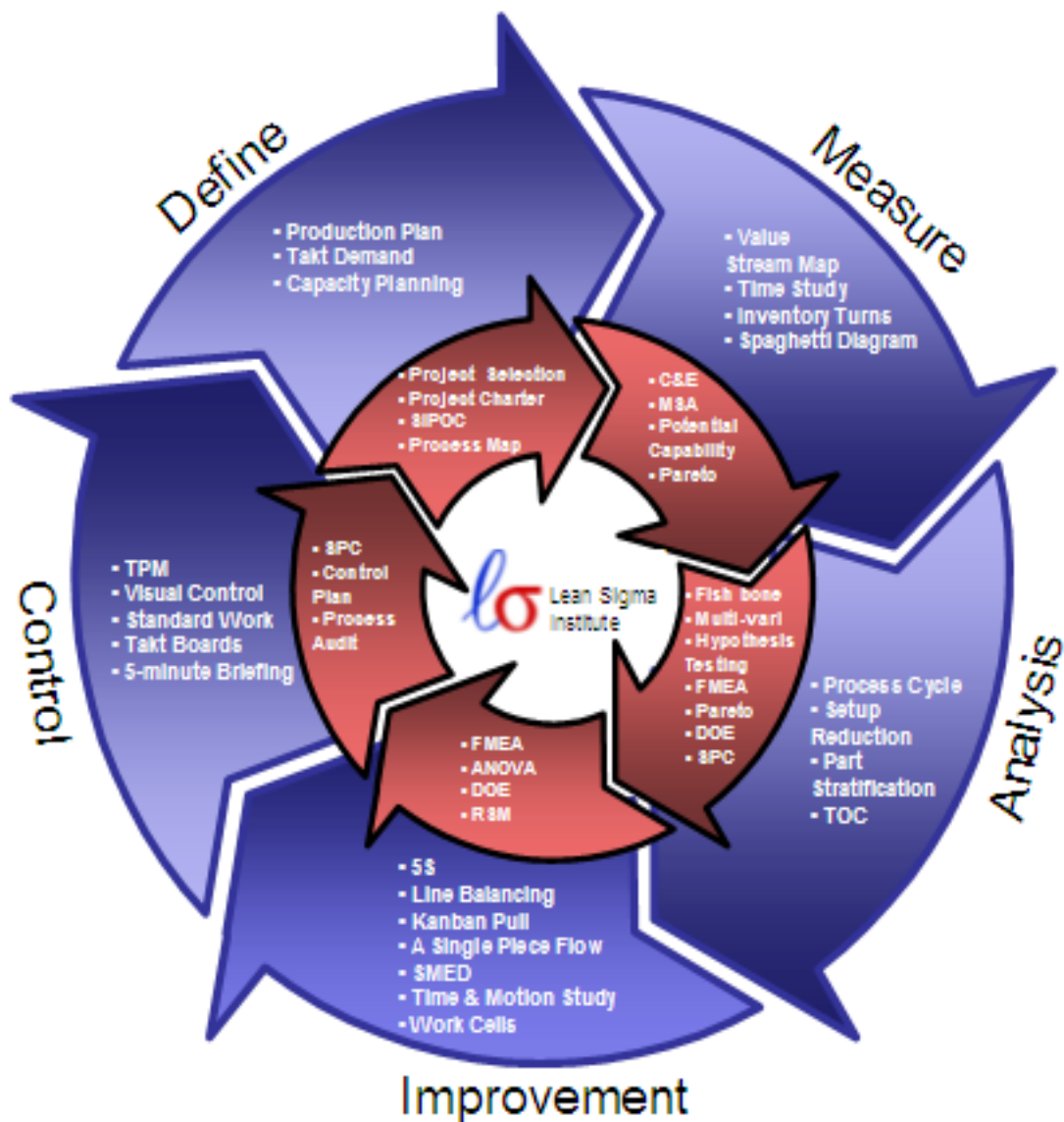
## **2.5 Ciclo DMAIC com ferramentas *LEAN SIX SIGMA***

George (2002) sugere a implementação do *Lean Six Sigma* com recurso à aplicação do ciclo DMAIC, incluindo as ferramentas *Lean* e *Six Sigma* nas diferentes fases do projeto de melhoria. A Figura 7 apresenta uma estrutura exemplo da aplicação do *Lean Six Sigma* com ferramentas pertencentes ao *Lean* e ao *Six Sigma*, que podem ser usadas para solucionar um problema. As setas da Figura 7 com fundo azul são ferramentas *Lean Manufacturing*, enquanto as setas de fundo vermelho corresponde a ferramentas do *Six Sigma*. As ferramentas enumeradas de seguida nas diferentes fases são opções meramente exemplificativas.

Associado ao *Lean* na fase de definição está o plano de produção, o *Takt Time* e o planeamento da capacidade. Por sua vez, o *Six Sigma* define a seleção do projeto, o diagrama SIPOC e o mapa do processo e fluxo. Esta etapa vai permitir estruturar o projeto, estabelecer limites, metas e ajudar ao entendimento do problema.

Na fase de medição, as técnicas *Lean* para visualizar o fluxo de valor que poderão ser utilizadas são o *Value Stream Mapping* (VSM), o *Waste Identification Diagram* (WID), o diagrama de *spaghetti* e o estudo do esforço de transporte e de inventário. Já as técnicas *Six Sigma* utilizadas têm como foco estruturar o problema, para dessa forma compreender o que está errado, partir para a recolha de dados para quantificar e validar o problema. Para o que foi referido, ferramentas como a análise de

Pareto, o cálculo do desempenho *Six Sigma*, gráficos de controlo, diagramas de fluxo, entre outros, permitem o auxílio para executar uma correta medição.



**Figura 7 - Proposta de ferramentas a utilizar nas etapas DMAIC do LSS (LeanSixSigma.com, 2013)**

Na fase de análise do projeto *Lean Six Sigma*, determinam-se as causas de cada problema prioritário, avaliando métricas para identificar lacunas e *priorizar* oportunidades de melhoria. As técnicas *Six Sigma* aplicadas nesta fase são várias, sendo da responsabilidade da equipa, a escolha de ferramentas adequadas ao fim que se pretende atingir. O diagrama causa-efeito, o planeamento e teste de experiências, o *brainstorming*, a regressão e o 5WH1 são ferramentas associadas ao *Six Sigma*. As ferramentas *Lean Manufacturing* aplicadas na fase de análise irão acrescentar robustez, dado que permitirão avaliar tempos perdidos em produtividade, eficiência e *setups*.

Na fase de melhoria são adjudicadas as propostas que terão reflexo sobre as causas que na fase de análise foram consideradas como influentes no incorreto funcionamento do processo. Associado às ferramentas *Six Sigma* várias técnicas estatísticas podem ser utilizadas no desenvolvimento de experiências (FMEA, ANOVA), constatar se uma ação é viável e geradora de resultados positivos. A aplicação das ferramentas *Lean* nesta fase está interligada ao efeito que pretendemos obter. A melhoria nesta fase enquadra-se com a produtividade, o fornecimento correto nas quantidades desejadas e a organização do procedimento de trabalho, sendo que o SMED (Single Minute Exchange of Die), o sistema Kanban e os 5S, poderão ser aplicados.

Na fase de controlo, para as melhorias serem consolidadas e avaliadas, são planeadas estratégias de monitorização. Esta fase permitirá o desenvolvimento de planos com o intuito que a repetição de problemas seja reduzida. Para o acompanhamento seja proveitoso, técnicas *Lean* como o *Standard Work* (trabalho normalizado), TPM (*Total Productive Maintenance*) e reuniões com elementos da equipa do projeto ajudarão a perceber se o que foi desenvolvido e implementado tem resultado num aumento da qualidade e produtividade do processo, ou o aparecimento de novos problemas.

O ciclo DMAIC aplicado num projeto de melhoria, define o problema ou oportunidade de melhoria, mede o processo existente, analisa o desempenho atual e causas raiz, melhora o processo e controla o novo processo. O objetivo da sua aplicação com as técnicas *Lean* e *Six Sigma* passa por atingir elevada produtividade com zero defeitos, o que torna-se complicado quando existem variáveis de difícil controlo. Por isso, o ciclo DMAIC propicia a melhoria contínua, com a passagem pelas fases para adquirir nova informação sobre as causas já detetadas, em que novos dados recolhidos são tratados com recurso a técnicas que poderão fornecer novas respostas, são planeadas ações de melhoria para que o problema que originou o projeto melhore, e a criação de procedimentos normalizados para que tudo decorra segundo o esperado e que permita ser monitorizado. O uso do ciclo DMAIC num projeto *Lean Six Sigma* irá disponibilizar um leque de várias ferramentas que ajudarão a melhorar um processo, atingir um produto com maior valor para o cliente e com menor custo para o produtor.

## **2.6 Ferramentas usadas no *LEAN SIX SIGMA***

As técnicas e ferramentas empregues têm como propósito encontrar as respostas corretas a nível de medição, análise dos resultados e construção das melhores ações de melhoria do problema que será apresentado. Durante a revisão, consegue-se constatar as limitações e benefícios na utilização destas técnicas e ferramentas.

### **2.6.1 Waste Identification Diagram**

A ferramenta WID, utilizada na fase de medição, possui diversas vantagens como a sua fácil interpretação devido à sua notação gráfica, o permitir um diagnóstico visual acerca das localizações mais relevantes dos desperdícios e o facto de poder ser utilizada como uma ferramenta de melhoria contínua (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011). Segundo Sá, Carvalho e Sousa (2011) as etapas de processo de quantificação a percorrer com o uso do WID são:

#### **1. Identificação da unidade produtiva a analisar:**

Definir os limites da unidade produtiva, especificando onde começa e termina a unidade produtiva, os equipamentos e processos a serem tidos em conta, os colaboradores envolvidos, inventários, etc..

#### **2. Construção da estrutura WID:**

Através da estrutura WID os fluxos de produtos ao longo da unidade são representados, permitindo visualizar os processos existentes em que os artigos são transformados ou testados. Para a construção do diagrama WID é necessário obter informação sobre os caudais de produção de cada família de artigos, por cada unidade de processamento (posto de trabalho ou equipamento) a quantidade de artigo processado em média por hora, dia ou semana, e saber qual o posto fornecedor e o posto cliente.

Uma base para a estrutura WID poderá ser o *layout* da unidade produtiva em causa, na qual ao desenvolver uma rede de fluxos serão visíveis os caminhos possíveis que estão a ser percorridos para os artigos atravessarem a unidade produtiva em causa, as quantidades correspondentes e o número de operadores envolvidos.

#### **3. Planeamento e Execução do Processo de Amostragem:**

Para a amostragem se tornar eficaz, necessita que o analista da unidade produtiva prepare a forma como vai executar a recolha dos dados. O analista deve observar a produção e as pessoas envolvidas com o intuito de classificar as operações com ou sem valor acrescentado que ocorrem, conhecer as movimentações e os tipos de rotina dos operários, conhecer os processos e os locais habituais associados a cada operador.

Após determinar a informação inicial necessária, é preciso definir uma estratégia a utilizar na recolha dos valores. Deve-se estabelecer o número total de observações a efetuar, os dias para cada observação, os instantes dispersos ao longo do dia em que o analista irá executar as observações, o



percurso a ser percorrido sempre que faz uma observação e os pontos de paragem para uma observação instantânea de cada operador.

Com o planeamento do processo de amostragem definido, o analista ao observar a unidade produtiva, deve enquadrar a tarefa que o operador está a desempenhar, anotando na folha de registo da Tabela 3, o quadrado correspondente a uma Operação de Valor Acrescentado, a Movimentações, a Transportes, a Monitorização, a *Setup*, a Esperas e a Retrabalho.

**Tabela 3 - Exemplo de folha de registo usada para amostragem**

<b>Plano de observação da unidade:</b>									
<b>Observação nº</b>	<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>OVA</b>	<b>Mov</b>	<b>Trans</b>	<b>Monit</b>	<b>Setup</b>	<b>Esper</b>	<b>Retrab</b>
1	20.Fev	9:00	Xxxxx	X	Xx	Xx	X	X	X
2	20.Fev	9:40	Xxxx		X	Xxx		Xx	
3	20.Fev	10:30	Xxxxx	Xx		Xx	X		Xx
...	...	...	...						
11	22.Fev	9:00	...						
12	22.Fev	9:40							
...									
29	24.Fev	17:00							
30	24.Fev	17:40							
<b>Total</b>			126	24	32	61	29	56	34

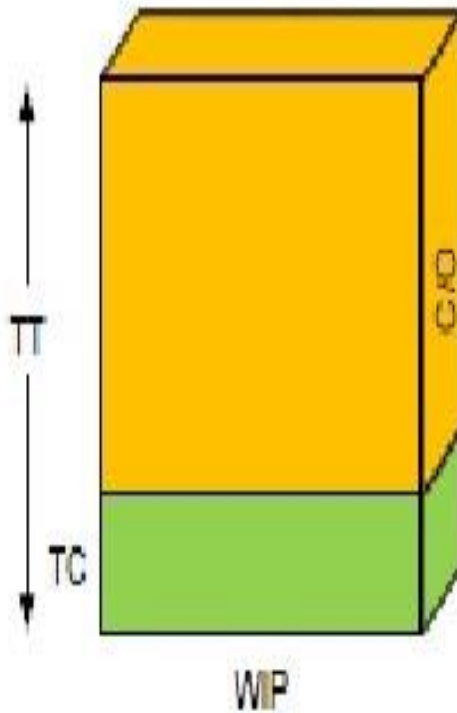
É necessário também efetuar observações sobre os níveis de WIP (*work-in-process*), sendo aconselhável ao fim de cada cinco observações sobre o desempenho dos operadores, o analista registar os níveis de inventário em curso de cada processo. Ao fim de um conjunto de observações terá dados fiáveis sobre a quantidade de WIP médio que o processo lida frequentemente.

#### **4. Construção do diagrama WID:**

Para a construção do *Waste Identification Diagram* é necessário obter informação atualizada sobre os tempos de ciclo e os tempos de mudança de *setup* para cada produto ou posto de trabalho.

A notificação gráfica utilizada pelo WID é baseada em dois tipos de ícones: blocos e setas. Os blocos representam os diversos postos de trabalho e as setas representam o transporte das peças entre os vários postos (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011). O bloco representado na Figura 8 identifica a relação

existente entre as quatro variáveis que influenciam a dimensão do bloco: *Takt Time* (TT), Tempo de Ciclo (TC), *Work-in-process* (WIP) e o *Changeover time* (C/O).



**Figura 8 - Bloco WIP (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011)**

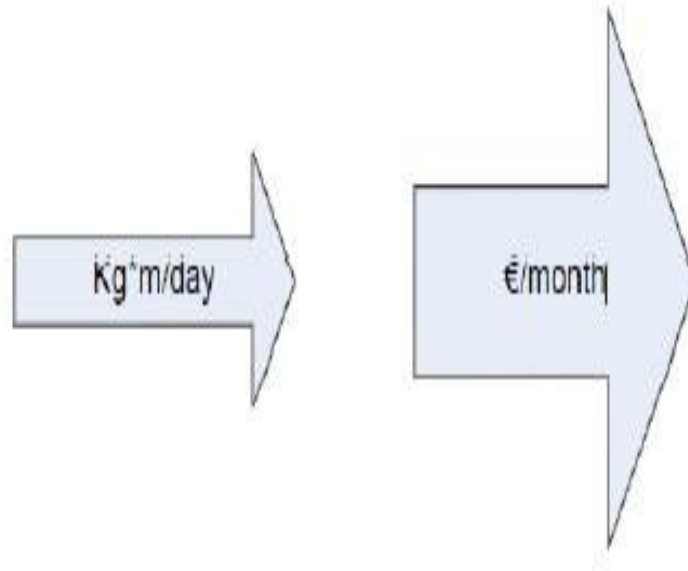
Na Figura 8 a altura do bloco a verde significa o Tempo de Ciclo e a altura do bloco total corresponde ao *Takt Time*. A diferença destes dois tempos está representada a laranja e corresponde à capacidade não utilizada no processo. O conceito *Takt Time* nesta metodologia tem a particularidade de assumir que um processo ao ser fornecedor de outro ou de outros, tem o seu próprio mercado e o seu *Takt Time* próprio.

A profundidade do bloco significa o C/O (Tempo de *Setup*). A largura do bloco está ligada à quantidade de *Work-in-Process* nesse posto de trabalho ou equipamento. Quando um processo possui elevados tempos de *setup*, é frequente ter um grande nível de WIP. É expectável que blocos espessos (grandes valores de C/O) sejam também largos (elevado WIP) (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011).

As unidades de medida do TT, TC são as unidades de tempo (segundo, minutos, hora) por peça, o C/O é medido por tempo de mudança (segundos, minutos, horas) e o WIP é apresentado em quantidade de peças, peso, comprimento, volume ou valor monetário.

Com a representação dos blocos podemos identificar dois desperdícios, o inventário e o excesso de produção. Com as setas será evidenciado o transporte, Figura 9, um desperdício associado ao esforço necessário para mover as peças para a fase de transformação seguinte. Por problemas de

representação da estrutura WID, o comprimento das setas é constante, variando a largura das mesmas. As setas mais largas significam maior esforço de transporte. As unidades de medida das setas que podem ser usadas são: peças\*m/dia, kg\*m/dia, €/mês, etc.



**Figura 9 - Setas WID (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011)**

A vantagem da utilização da ferramenta WID é a fácil representação dos processos que pertencem à unidade produtiva, com informação visual que permite detetar os desperdícios associados às máquinas (excesso de produção, *stock* e transporte) e aos operadores (movimentações, transportes, esperas, etc.). O tamanho dos blocos ou setas são proporcionais aos desperdícios produzidos, ajudando à deteção dos postos de trabalho críticos.

Na construção do diagrama WID a observação é uma vantagem para o entendimento de dificuldades do processo e identifica más práticas feitas pelos operadores. Ao visualizar hábitos de trabalho através do percurso estabelecido para a recolha de dados é um benefício para desenvolver propostas de melhoria, visto que o analista adquire conhecimento profundo dos procedimentos produtivos. A desvantagem do *Waste Identification Diagram* prende-se com as dimensões que a representação do diagrama pode atingir, e com a necessidade de software específico para a realização do desenho.

### **2.6.2 Overall Equipment Effectiveness**

O OEE é um indicador utilizado na fase de análise com preponderância na maximização da eficiência dos equipamentos, visto que permite análises detalhadas a partir do cálculo do resultado da eficiência. É a quantificação do grau de eficiência do desempenho de uma empresa em relação à sua capacidade

planeada, durante o tempo de execução planeado. “Atualmente, o OEE é considerado um *Key Performance Indicator (KPI)* amplamente utilizado na indústria moderna, o qual permite medir a eficiência de uma máquina, de uma linha de produção ou de uma unidade industrial” (Barros e Lima, 2009).

A análise OEE envolve trabalho integrado e organizado com o objetivo de alcançar a máxima eficiência dos equipamentos com a eliminação de seis grandes perdas: Segundo Nakajima (1989), essas perdas são:

1. Falha dos equipamentos;
2. *Setups*;
3. Pequenas Paragens;
4. Redução de velocidade relativamente ao definido (diferença entre cadência de produção definida (teórica) e a que é conseguida na prática);
5. Defeitos de qualidade e retrabalho;
6. Perdas no arranque (demora para a máquina atingir a performance pretendida para a produção ideal).

Segundo Nakajima (1988), a vantagem da utilização do OEE é que este pode ser dividido em três medidas: Disponibilidade, Performance e Qualidade. O OEE resulta da multiplicação dos três fatores referidos, ou seja,  $OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$ . A Disponibilidade representa o tempo planeado em que o equipamento está disponível para produção, a Performance determina a velocidade com que o equipamento é operado durante o tempo de produção planeado em relação à sua capacidade nominal, e a Qualidade mede a percentagem de produtos que possuem a qualidade mínima exigida.

Nakajima (1989) afirma que o OEE de 85% deve ser considerado a meta ideal a atingir pelos equipamentos, segundo experiências e resultados obtidos por empresas consideradas de Classe Mundial. Para atingir o valor meta, as empresas devem procurar que os indicadores de Disponibilidade, Performance e Qualidade possuam valores superiores a 90%, 95% e 99%, respetivamente.

O OEE é um indicador de apoio à melhoria contínua, dado que permite identificar e eliminar os desperdícios e as perdas dos equipamentos, padroniza o trabalho para reduzir a variação e dessa forma garantir a melhor qualidade, e exprime a eficácia dos equipamentos com um único número.

### 2.6.3 *Standard Work*

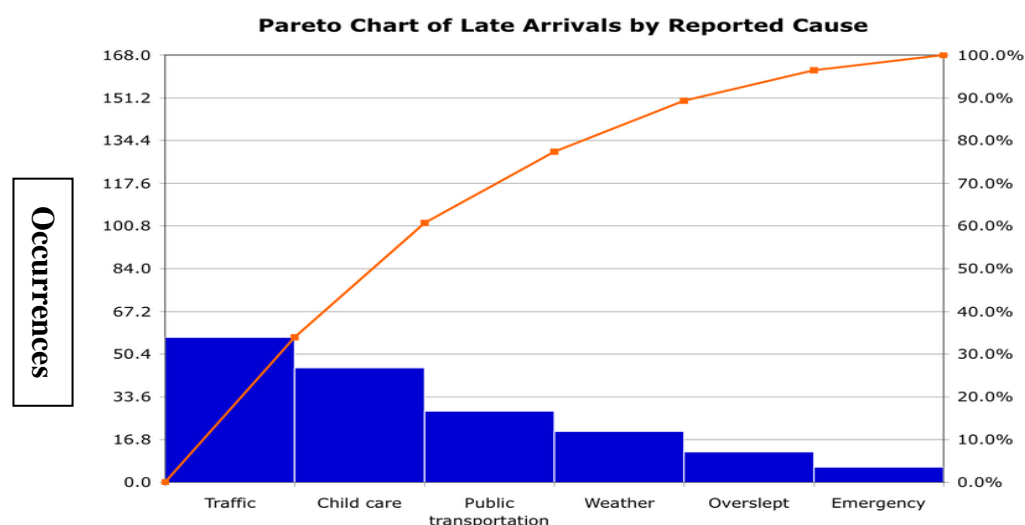
O *Standard Work*, utilizado na fase de melhoria é uma ferramenta relacionada com o método de realização do trabalho na qual deve ser normalizado, para dessa forma assegurar que os operadores executam uma operação seguindo o mesmo procedimento ou utilizam um equipamento de igual forma.

Segundo Womack e Jones (2003), os procedimentos e sequências operatórias devem ser estudadas com o propósito de eliminar desperdícios procurando um método de trabalho mais eficaz e eficiente. É possível evitar erros de produção e trabalho desnecessário da parte dos colaboradores, dado que a normalização do trabalho é a documentação dos procedimentos. No caso de alguma dúvida por parte do operador, tem disponível junto do posto de trabalho ou equipamento a informação sobre a sequência de operações a efetuar, bem como as ferramentas a utilizar.

Segundo Pinto (2008), o trabalho uniformizado permitirá à organização a redução de desvios, garantir a consistência de operações, um aumento da previsibilidade dos processos e menores custos. A normalização do trabalho traz consequências positivas, sendo uma das ferramentas mais apreciadas a nível da qualidade.

### 2.6.4 *Análise de Pareto*

O princípio de Pareto foi criado por Vilfredo Pareto, um economista italiano que afirmara que para muitos fenómenos, 80% das consequências são originadas por 20% das causas. Este princípio é a base da análise de Pareto. A análise de Pareto, usada na fase de medição, ordena a frequência de causas que originam certos problemas, como visível na Figura 10.



**Figura 10 – Exemplo de Gráfico de Pareto (Manske, 2013)**

Segundo Vasconcelos (2005), a análise de Pareto possibilita identificar as principais causas que produzem os principais problemas através da apresentação das causas de forma decrescente por número de ocorrências. A análise de Pareto é aplicada na indústria para a melhoria contínua da qualidade, pois foca os esforços para a melhoria nas causas em que os maiores ganhos podem ser alcançados, visto que a utilização desta ferramenta transmite informação relativamente às causas principais que influenciam fortemente os problemas e sobre as causas secundárias que afetam marginalmente os problemas.

### 2.6.5 Diagrama de Causa-Efeito

O Diagrama de Causa-Efeito, utilizado na fase de análise, possibilita a identificação das causas que originam um determinado problema. Normalmente, o diagrama causa-efeito é realizado a partir de técnicas de *brainstorming*.

Segundo Vasconcelos (2005), o diagrama possui as categorias mão de obra, método de trabalho, material, máquina, meio ambiente e medida quando relacionado com processos de produção, sendo neste caso denominado como diagrama 6M.

Na Figura 11 é apresentado um exemplo da aplicação do diagrama causa-efeito na determinação das causas que levam às falhas de um equipamento.

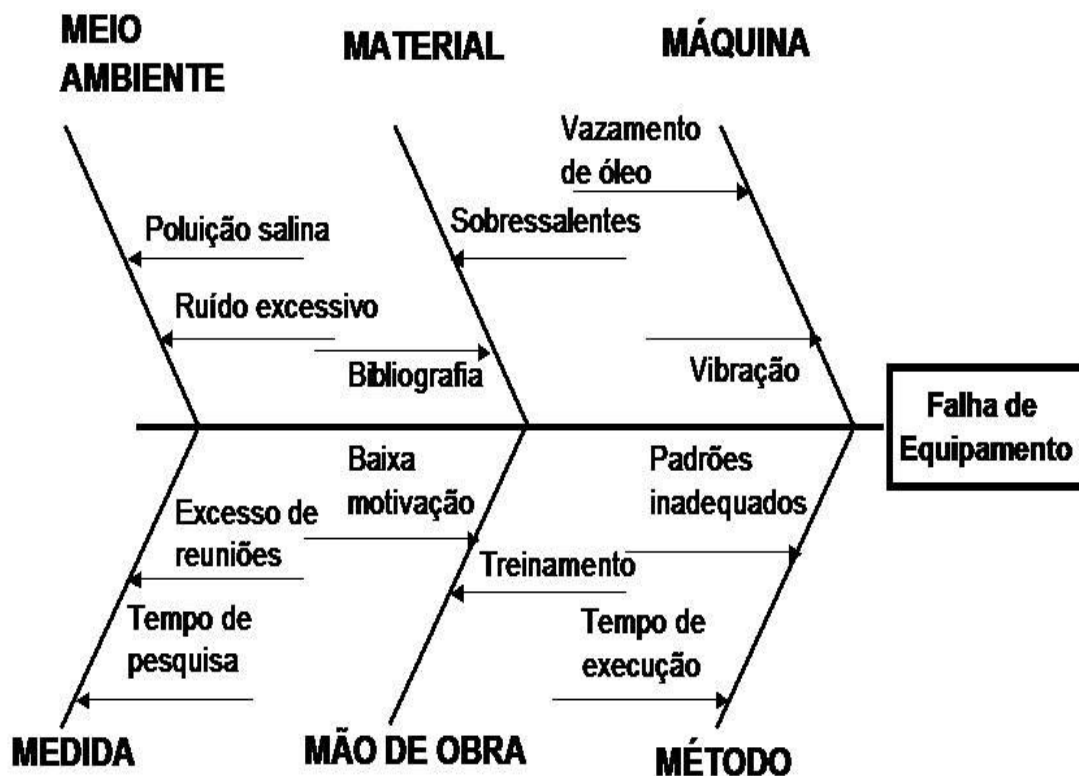


Figura 11 - Diagrama Causa-Efeito (Pessoa, 2007)

Segundo Lins (1993), as vantagens da utilização desta ferramenta são:

- O problema é o foco da análise. Através de uma abordagem integrada é possível combater as causas identificadas;
- Permite uma pesquisa concreta sobre as causas identificadas, reduzindo esforços em análise com aspetos dos quais não estão relacionados com o problema;
- Identifica o problema, sendo o ponto de partida para o uso de outro tipos de ferramentas;
- É um diagrama genérico, sendo possível a sua aplicação a diversos tipos de problemas.

## 2.6.6 5W1H

Quando os processos são complexos e indefinidos, torna-se difícil a identificação das causas que dão origem aos efeitos detetados. A partir dos dados obtidos de análises anteriores, relaciona-se as causas mais significativas (ocorrências, volume e importância) com planos de ações corretivas através da ferramenta 5W1H, empregue neste projeto na fase de análise.

Segundo Marshall (2008), o 5W1H é usado para mapear e padronizar os processos, para elaborar planos de ação e estabelecer procedimentos associado a indicadores.

A utilização do 5W1H permite identificar as origens de um problema e estipular uma iniciativa a curto, médio e longo prazo com o intuito de anular o que está a prejudicar o correto funcionamento de um processo. O 5W1H é uma *checklist* útil que após o reconhecimento das causas dos problemas, desenvolve-se linhas de ação com o foco de melhorar o processo.

What?	Where?	When?	Who?	How?	Why?
O QUE?	ONDE?	QUANDO?	QUEM?	COMO?	POR QUÊ?
Objetivo e/ou Finalidade do instrumento de gestão	Território, Espaço físico ou unidade geográfica de aplicação/ abrangência do instrumento	Temporalidade / Período e /ou Prazo para cumprir o objetivo	Responsável, compreendido por instituição (ator) e atribuição/ competência (ação)	Método, forma, Procedimento Diretriz.	Entender a necessidade, causa, dificuldade, os fatores que impedem ou condicionam a aplicação ou os requisitos necessários a implementação do instrumento

**Figura 12 - 5W1H**

**Fonte:**[\[http://relectidoce.hospedagemdesites.ws/sistema/arquivos/artigos/92/044351090409resumo\\_para\\_4\\_forum\\_revisada.pdf\]](http://relectidoce.hospedagemdesites.ws/sistema/arquivos/artigos/92/044351090409resumo_para_4_forum_revisada.pdf)

A sigla 5W1H provém do inglês e consiste em fazer perguntas para explorar uma causa. Através das perguntas (What, How, Why, Where, When, Who) possibilita a identificação e determinar as ações que devem ser implementadas para gerar resultados positivos. Na Figura 12 é apresentado um exemplo de uma estrutura 5W1H, na qual são descritas o propósito das perguntas para a obtenção das respostas e posterior idealização de uma ação corretiva.



### 3. Apresentação da Empresa

Neste capítulo apresenta-se informação que permite conhecer a história da Continental Mabor, a sua estrutura organizacional, o produto que fabrica e uma descrição geral do sistema produtivo.

#### 3.1 Continental AG

Fundada em Hannover (Alemanha) em outubro de 1871, a Continental AG dedicou-se inicialmente à produção de pneus maciços para carruagens e bicicletas. A 1898 iniciou a fabricação de pneus lisos para automóveis e desde então, acompanha a evolução da indústria automóvel sendo uma marca de referência com vários prémios ganhos ao longo da sua história.

Em 2007, a Continental adquiriu a Siemens VDO *Automotive* AG, tornando-se num dos cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel e cimenta a sua posição na Europa, América do Norte e Ásia.

O grupo Continental é especialista na produção de sistemas de travagem, controlos dinâmicos para viaturas, tecnologias de transmissão de potência, sistemas eletrónicos e sensores. A Figura 13 é o mapa da localização dos 46 países em que o grupo Continental está presente e na qual os seus 170.000 funcionários operam divididos em seis áreas: Chassis e Segurança, “*Powertrain*”, Interior, Pneus para Viaturas de Passageiros e Comerciais Ligeiras, Pneus Pesados e ContiTech.

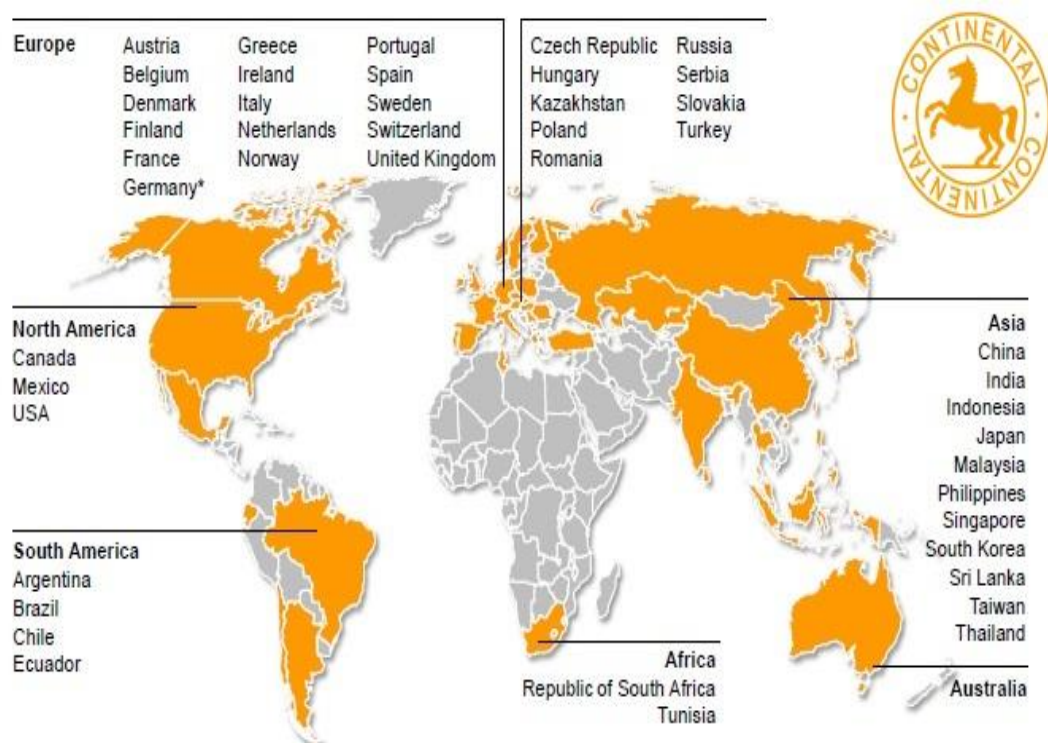


Figura 13 - Mapa com os locais que Continental AG encontra-se presente (Continental, 2013)

A Continental AG, com sede em Hannover, é a principal fornecedora de equipamento eletrónico e de pneus a várias marcas conceituadas como a BMW, o grupo Volkswagen, a Mercedes-Benz, entre outras.

### **3.2 Continental Mabor**

A Continental Mabor Lousado nasceu em dezembro de 1989 como empresa ligada à indústria de pneus, resultado da “*joint venture*” de duas empresas de renome na manufatura da borracha, a Mabor a nível nacional e a Continental AG de dimensão mundial.

Em julho de 1990 iniciou-se o programa de reestruturação, transformando as antigas instalações da Mabor na mais moderna das então 21 unidades industriais da Continental AG. Produzindo no começo apenas pneus da marca Mabor (Figura 14), a gama da empresa atualmente é variada quer em medidas, tipos ou em marcas.



**Figura 14 - Pneu Mabor de 15” (Continental, 2013)**

Após 23 anos, a Continental Mabor passou de 5.000 pneus/dia para uma capacidade de produção próxima dos 50.000 pneus/dia e possui um projeto de expansão da fábrica em curso, que irá dotar a empresa de um aumento da produtividade para atingir a meta anual de 17 milhões de pneus/ano produzidos. Este investimento da Continental AG na Mabor advém dos bons resultados que a empresa tem obtido, sendo que nos últimos dois anos ganhou o “*Quality Award*”, prémio que distingue a melhor empresa no seio do grupo. Na Figura 15 é apresentada as instalações da Continental Mabor.

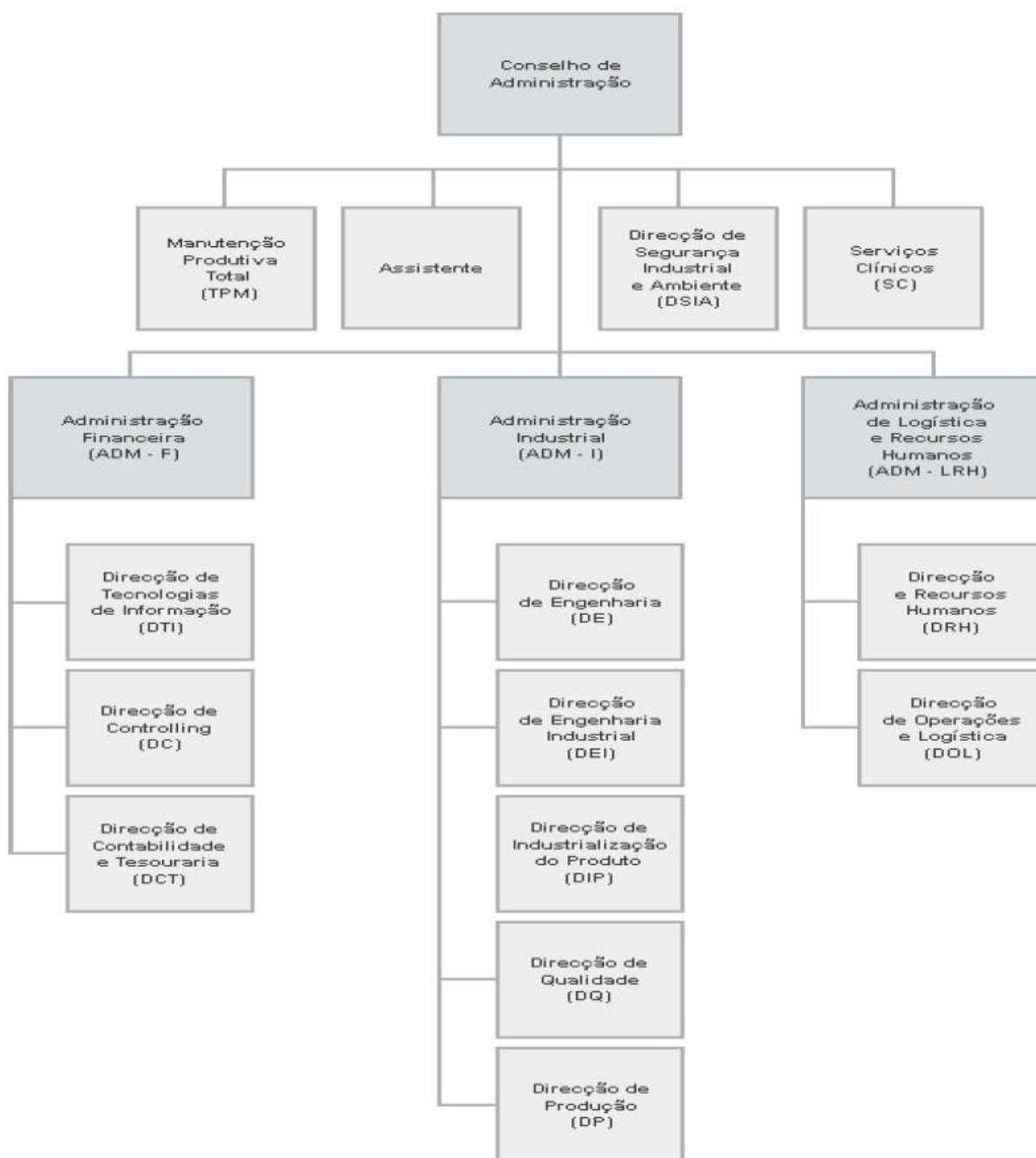


**Figura 15 - Instalações da Continental Mabor em Lousado (Continental, 2013)**

Com aproximadamente 1650 colaboradores, a empresa funciona em cinco turnos, três durante a semana e dois ao fim de semana, em que mais de 98% da produção destina-se à exportação, designadamente para o “mercado de substituição” e para as linhas de montagem dos mais prestigiados construtores da indústria automóvel.

### 3.3 Estrutura Organizacional da Continental Mabor

Na Figura 16 observa-se a organização da Continental Mabor. A comunicação é rápida e eficiente graças a uma estrutura com um número reduzido de agregações.



**Figura 16 - Organograma da Continental Mabor (Continental, 2013)**

### 3.4 Política da Empresa

No Anexo I é apresentada a política da empresa que assenta na visão de “Ser Líder” e na prática diária dos valores do Grupo Continental presentes na Figura 17 (Confiança, Paixão por Vencer, Liberdade para Agir e Uns pelos Outros).



Figura 17 - Valores do Grupo Continental (Continental, 2013)

### 3.5 Visão e Missão

A Visão da Continental é antecipar as necessidades dos clientes, desenvolvendo tecnologias altamente avançadas e inteligentes para a mobilidade dos transportes. Ao oferecer as melhores soluções a cada cliente em cada mercado, todos os “*stakeholders*” irão reconhecer a Continental como o parceiro de negócios que cria mais valor, altamente respeitável e de confiança.

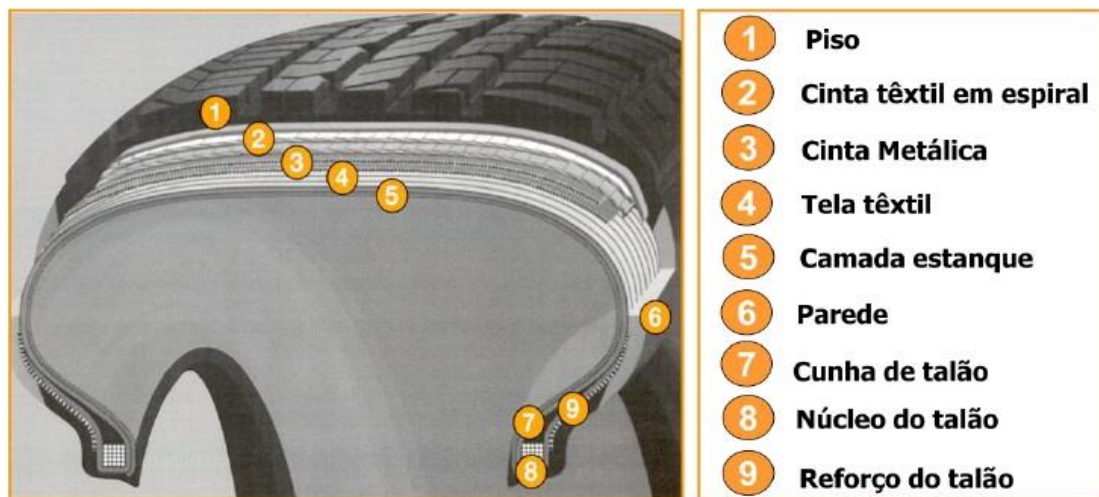
A Missão da Continental passa por:

- Ajudar os outros a preencher os seus sonhos de mobilidade;
- Inventar, desenvolver, produzir e comercializar as soluções tecnológicas indispensáveis que definem as quatro megas tendências: a segurança, o ambiente, a informação e os carros mais acessíveis;
- Destacar-se pela criação de valor, da forma mais eficiente, eficaz e inovadora;
- Manter os elevados padrões de qualidade;
- Tornar a mobilidade segura, confortável, personalizada e acessível.

A Continental Mabor apresenta a visão de tornar-se uma referência a nível mundial na fabricação de pneus, holisticamente com a missão de responder às necessidades dos seus clientes e prestar um serviço eficiente e inovador.

### **3.6 Produto**

Na Figura 18 são representadas as matérias-primas de um pneu, em que a legenda transmite a designação dada a cada componente.



**Figura 18 – Componentes de um pneu (Continental, 2013)**

1. O piso é um perfil grosso extrudido. É a parte que entra em contato com o chão.
2. A cinta têxtil em espiral possui fios incorporados para impedir a expansão do pneu a altas velocidades.
3. A cinta metálica contém fios metálicos impregnados em borracha para proporcionar a estabilidade necessária para manter a pressão interna requerida, suportar a carga e impactos laterais.
4. A tela têxtil é a impregnação de uma camada têxtil com duas camadas de borracha, que ajuda ao reforço estrutural do pneu.
5. A camada estanque é uma camada extrudida à base de borracha com baixa permeabilidade ao ar, funcionando como câmara de ar nos pneus.
6. A parede de um pneu corresponde a um perfil extrudido responsável pela resistência a abrasão da parte lateral do pneu. Este componente fornece uma área de borracha grossa na qual permite a gravação e identificação do pneu.
7. A cunha de talão fornece estabilidade direcional, precisão na condução e melhora o conforto.



8. O núcleo de talão tem fios de aço cobertos com borracha permitindo que o pneu fique firme na jante do veículo.

9. O reforço do talão é composto de borracha que proporciona estabilidade direcional, precisão na condução e melhora o conforto a guiar.

O DP II – Preparação a Quente é responsável pela produção do Piso, Paredes e Talão (Cunha de talão + Núcleo do talão + Reforço do talão) e o DP II – Preparação a Frio produz a Cinta têxtil em espiral, Cinta metálica, Tela Têxtil e Camada estanque.

### **3.7 Sistema Produtivo**

Esta secção permite uma visão geral das etapas fundamentais para a fabricação dos pneus. No Anexo II é exposto o *layout* da Continental Mabor. A descrição do sistema produtivo transmite a dimensão e complexidade do mesmo.

#### **3.7.1 Departamento I – Misturação**

A misturação é responsável pela produção dos compostos (canto inferior direito na Figura 19) utilizados na produção dos componentes. É o início do sistema produtivo, local em que são misturadas as matérias-primas (borracha natural, borracha sintética, pigmentos, óleo mineral, sílica, entre outros) que após passagem pelos “*masters*” (misturadoras para produção de borracha intermédia) e “ *finais*” (misturadoras para produção de borracha final), a borracha possa prosseguir para a fase seguinte.



**Figura 19 – Misturação**

### **3.7.2 Departamento II – Preparação**

Como já referido, na Preparação são produzidos todos os componentes que compõem o pneu. As extrusoras, as calandras e as máquinas de corte são as máquinas que fornecem a construção. Na Figura 20 são apresentadas as cassetes, o meio utilizado para transportar as paredes da Preparação para a Construção.



**Figura 20 - Preparação**

### **3.7.3 Departamento III – Construção**

Os componentes são transportados da preparação para a construção e montados nos módulos (KM + PU). O KM é responsável pela construção da carcaça e o PU finaliza o processo ao incorporar à carcaça a tela metálica, a tela têxtil e o piso, resultando no designado “pneu verde”. Na Figura 21 é apresentado um módulo, em que se visualiza à direita da imagem o tapete que executa a passagem do KM para o PU.



**Figura 21 – Construção**

### **3.7.4 Departamento IV – Vulcanização**

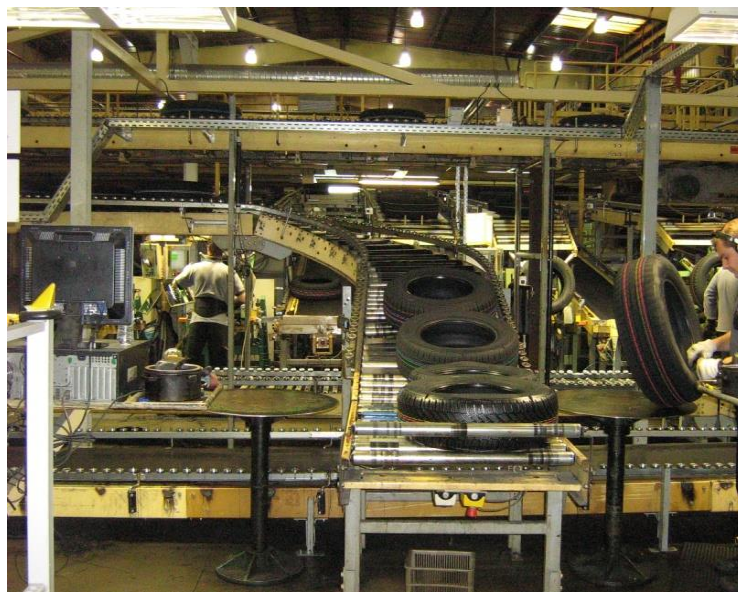
Junto aos módulos da construção do “pneu verde” existe um transportador automático que leva o material até às cabines de pintura para serem pintados interiormente. Após esta etapa, os pneus são armazenados em carros e levados para as prensas, como exemplificado na Figura 22. A Vulcanização consiste em expor o “pneu verde” a altas temperaturas durante dez minutos (média) e nesse tempo, os moldes dão o aspeto final pretendido do pneu.



**Figura 22 - Vulcanização**

### **3.7.5 Departamento V – Inspeção Final**

Os pneus chegam à inspeção final vindos da vulcanização através de transportadores automáticos, como pode ser constatado na Figura 23. O operador executa um controlo de qualidade visual e realiza os testes necessários para que os requisitos de qualidade do pneu estejam cumpridos.



**Figura 23 - Inspeção Final**



### **3.7.6 Considerações sobre o sistema produtivo**

A Continental Mabor comparativamente a outras fábricas do grupo atingiu um elevado grau de complexidade devido ao bom desempenho do sistema a nível de produtividade e qualidade, visto que é frequente a Mabor ser a escolhida para perceber se um novo dispositivo ou abordagem poderá melhorar o processo, ou atingir um ponto de partida para encontrar uma solução eficaz no futuro.

A Mabor é o local escolhido pela Continental AG para realizar testes no fabrico de pneus em que os requisitos pela parte do cliente possuam elevado grau de exigência. A Continental Mabor possui 170 família de artigos, o que eleva diariamente a produção de compostos diferentes, em mais mudanças de *setup*, elevadas taxas de ocupação dos moldes e os carros de transporte cheios, refletindo em atrasos da produção e mais material não conforme gerado.

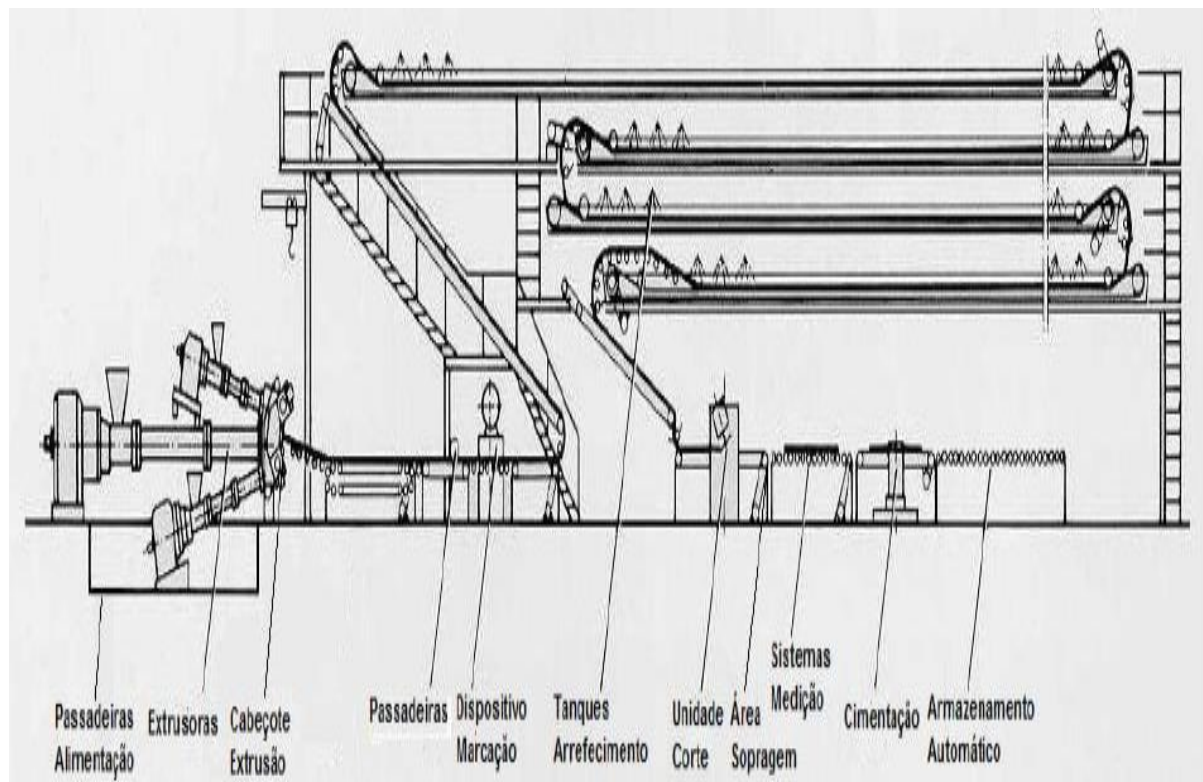
Os colaboradores recebem formações com frequência para evoluírem continuamente e darem o seu melhor contributo. As formações dadas baseiam-se na segurança, em novos procedimentos e métodos de trabalho. Para além das formações, alguns colaboradores visitam outras fábricas do grupo de forma a realizar *benchmarking*.

O ambiente fabril encontra-se organizado, com a filosofia *Lean Manufacturing* implementada. As condições de trabalho são boas e a motivação dos colaboradores é elevada. A manutenção das máquinas é efetuada semanalmente, com paragem produtiva para verificações completas. A fábrica encontra-se bem iluminada e com sistemas de refrigeração para diminuir as elevadas temperaturas que se fazem sentir em algumas zonas.

### **3.8 Processo de Extrusão**

O processo de extrusão produz pisos e paredes. A extrusora representada na Figura 24 fabrica pisos e possui vários elementos produtivos que sem eles é impossível cumprir requisitos e especificações exigidas pelos clientes.

Atualmente a cimentação é uma parte do processo exposto na Figura 24 que foi eliminado. Consistia em cimentar as pontas do pisos para ajudar à emenda mas devido às elevadas queixas da parte dos clientes foi retirado porque conseguiu-se obter soluções eficazes ao criar compostos com maior adesividade e dessa forma, eliminar a cimentação do processo de extrusão do piso.



**Figura 24 – Extrusora (Continental, 2013)**

A borracha é fornecida pela Misturação e alocada numa zona próxima da extrusora. Quando a borracha é colocada nas passadeiras de alimentação percorre fases indispensáveis ao formato final do piso, tais como os dispositivos de marcação, os tanques de arrefecimento e a unidade de corte.

A distância percorrida pelo material nas passadeiras é longa (percorre 50 metros), em que o tempo desde que o material sai do cabeçote até ao armazenamento do piso no carro é de cinco minutos. O 1º operador responsável pela imputação das especificações do material no computador, é-lhe difícil ter a percepção de alguma incongruência na produção e trabalhar da máquina devido ao comprimento longo da extrusora e ruído existente no meio envolvente. Os sistemas de automação industrial implementados na extrusora auxiliam o operador ao libertar um sinal sonoro quando existe algum encravamento da passadeira, falha da máquina ou falha do robot.

Existem variáveis com excelente desempenho que ao longo do tempo vão sendo desprezadas visto que é dado enfoque nos elementos que provocam erros de maior visibilidade. Portanto, a estratégia definida pela chefia do Departamento II – Preparação a Quente é tentar encontrar um equilíbrio nos componentes produtivos (Passadeiras de Alimentação, Extrusoras, Cabeçote de Extrusão, Passadeiras, Dispositivo de Marcação das Linhas Coloridas, Tanques de Arrefecimento, Unidade de Corte, Área de Sopragem, Sistemas de Medição, Armazenamento Automático) para que exista o menor número de

anormalidades da máquina e material. Nos próximos subcapítulos serão caracterizados os elementos produtivos.

### **3.8.1 Passadeiras de Alimentação**

As passadeiras de alimentação garantem que os compostos entram corretamente na extrusora, ou seja, fornecer no momento certo, com suporte a sensores automáticos que constataam a necessidade de mover a passadeira, ou avisar o operador através de um sinal sonoro o alerta para a falta de borracha a entrar na extrusora.

As mesas de borracha chegam da Misturação e são colocadas em *rack's* (prateleiras em metal). Seguindo as necessidades de produção e os dados da receita, o operador vai buscar as mesas que são necessárias e coloca-as junto às passadeiras de alimentação dos respetivos compostos que irão ser plastificados (capa, base e *wing tip*).

O operador põe manualmente a borracha na passadeira de alimentação e a borracha começará a percorrer o seu trajeto até próximo da entrada na extrusora, onde o operador tem de cortar com uma faca para facilitar a entrada da borracha na tremonha.

No início da passadeira há um detetor de metais que faz um “raio-x” à borracha e consegue aferir se existe algum metal. Se existir, a passadeira consegue marcar a área contaminada, auxiliando o operador para cortar só o que realmente contém algo que prejudicará a produção do piso. No final da passadeira existe novo detetor de metais para o caso de algo ter falhado na avaliação do primeiro detetor e dessa forma garantir o melhor controlo de qualidade no abastecimento da extrusora.

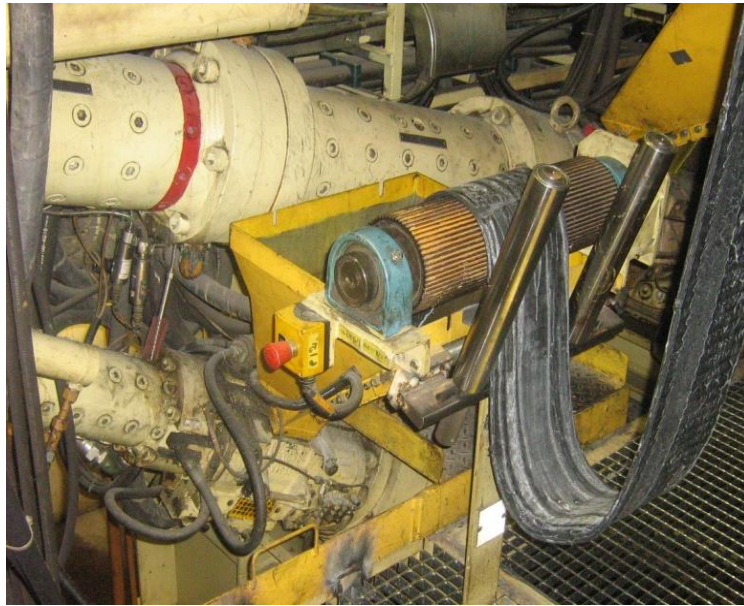
Na Figura 25 visualiza-se as passadeiras de alimentação, em que a superfície metálica retangular a amarelo no início da entrada da borracha corresponde ao detetor de metal.



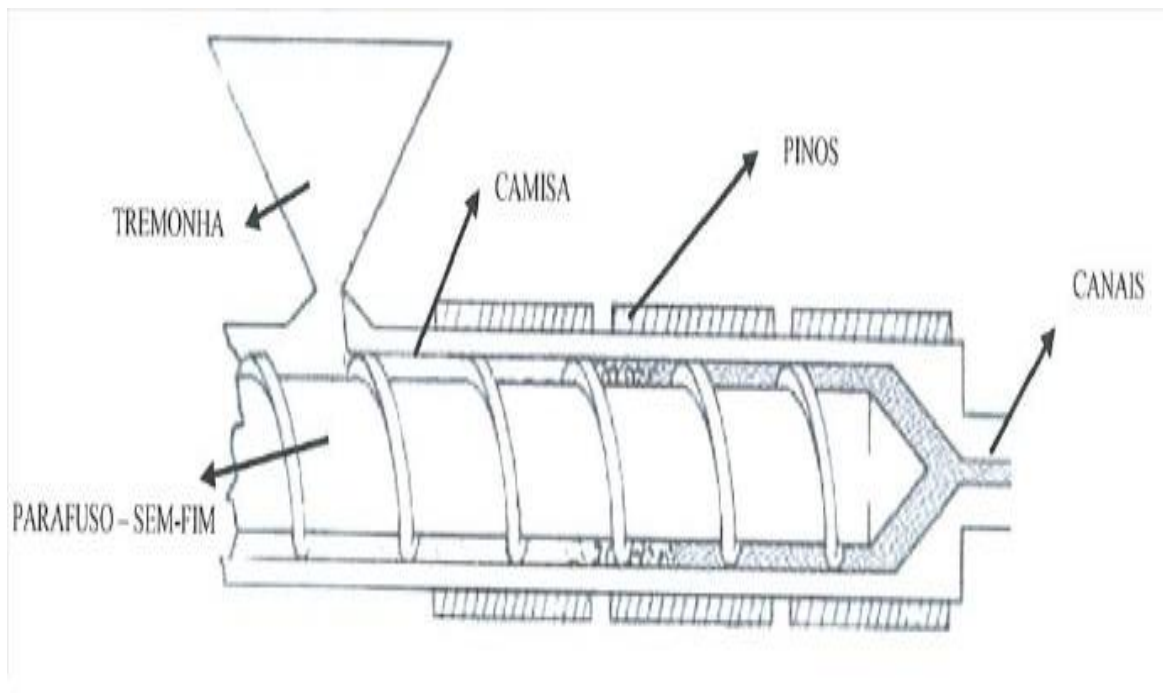
**Figura 25 - Passadeira de Alimentação da Extrusora**

### 3.8.2 Extrusora

A borracha é colocada na tremonha pelo operador. Sempre que há mudança ou falha de borracha na passadeira de alimentação, o operador corta/adorna o início da borracha para facilitar a entrada na tremonha e esta não romper a ligação com a passadeira-tremonha-extrusora. A função da tremonha (Figura 26) é garantir a junção das mesas de borracha à extrusora e dosear a quantidade que entra para que não haja encravamentos. Na Figura 27 é representado o desenho técnico da extrusora.



**Figura 26 - Tremonha**



**Figura 27 – Extrusora (Continental, 2013)**



Como visível na Figura 27, a extrusora consiste num cilindro em que no seu interior o parafuso sem-fim pressiona a borracha contra a camisa para aquecer o material. O parafuso sem-fim possui espaçamento entre garras, daí a utilização dos pinos, eles tapam esse espaço para assim garantir a homogeneização do material. Os pinos estão mais a frente para dessa forma não entrar em contato com borracha fria e consequência disso, partirem.

A borracha entra pela tremonha, é empurrada e aquecida pelo parafuso sem-fim contra a camisa, o pino trata de chegar aos locais impossíveis para a camisa e coloca a borracha uniforme, até que a borracha chega aos canais que corresponde ao fim do parafuso e início do cabeçote de extrusão.

### **3.8.3 Cabeçote de Extrusão**

A borracha chega aos canais aquecida, plastificada e homogênea ajudando à extrusão. Os compostos constituintes do piso (capa, base e *wing tip*) só entrarão em contato na zona de saída.

A zona de saída é constituída por uma pré-fieira e uma fieira, responsáveis pelo formato do piso. A pré-fieira canaliza a borracha para o sítio certo, para entrar a quantidade desejável do composto correspondente na fieira. As fieiras possuem aberturas específicas, que farão com que o piso contenha o perfil correto. Na Figura 28 é exposto a extrusão do piso na zona do cabeçote de extrusão.

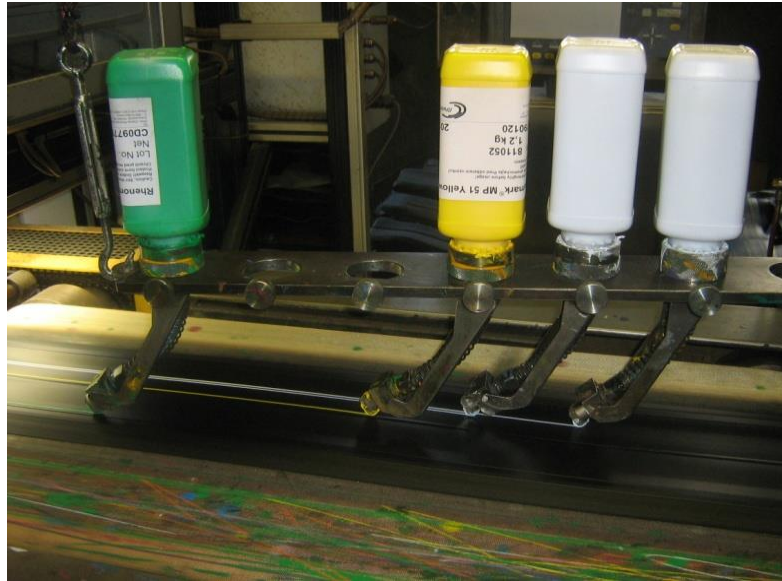


**Figura 28 - Cabeçote de Extrusão**

### **3.8.4 Dispositivo de Marcação das Linhas Coloridas**

Os pisos são transportados ao longo da linha por passadeiras. Após a saída do cabeçote de extrusão, o material é identificado com linhas coloridas através de um dispositivo de marcação, como pode ser observado na Figura 29. Esta marcação tornou-se indispensável dado que ajuda à organização da

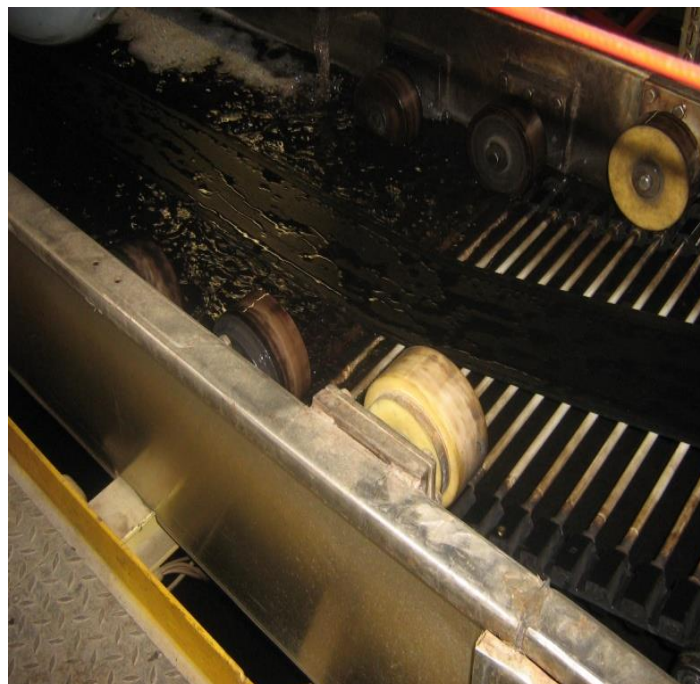
Continental e das linhas de montagem dos seus clientes construtores de automóveis, pois esta identificação permite saber que pneu é.



**Figura 29 - Dispositivo de Marcação**

### **3.8.5 Tanques de Arrefecimento**

O material após a identificação das linhas coloridas passa pelos tanques de arrefecimento. Na Figura 30 verifica-se a finalidade dos tanques, ajudar a borracha a arrefecer e desta forma o piso não vulcanizar, ou seja, borracha queimada por permanecer a altas temperaturas ( $> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante bastante tempo. Além disto, o piso adquire a consistência ideal para operações posteriores.



**Figura 30 - Tanque de Arrefecimento**

### **3.8.6 Unidade de Corte**

Na unidade de corte, o material transforma-se em piso. Ao observar a Figura 31, o piso é cortado de acordo com o comprimento pretendido, em que a lâmina executa o movimento de corte quando os sistemas de medição atingem o comprimento desejado.



**Figura 31 - Unidade de Corte**

### **3.8.7 Área de Sopragem**

Esta secção tem como função secar os pisos para estes não entrarem dentro do carro de armazenamento húmidos. O soprador, Figura 32, ajuda a que os pisos sigam para a Construção em boas condições, evitando a falta de adesão dos pisos à carcaça e provocar a separação do pneu após a vulcanização.



**Figura 32 - Sopradores**



### **3.8.8 Sistemas de Medição**

É realizado um controlo de qualidade automático ao piso após a passagem pelos sopradores através de um equipamento de medição (Figura 33) para aferir se o comprimento, largura e peso correspondem às especificações técnicas.

Se o piso estiver dentro dos parâmetros, é armazenado no carro que irá ser transportado para a Construção. Caso contrário será rejeitado pelo robot de armazenamento automático, prosseguindo o seu trajeto até uma área em que o operador possa colocar o piso em mesas de *Workoff* (material não conforme).



**Figura 33 - Medição Automática**

### **3.8.9 Armazenamento Automático**

O Armazenamento Automático é executado com o apoio a um robot como visível na Figura 34. Os pisos após ter cumprido todas as operações para obter o formato final e o sistema de medição aprovar o piso, eles vão sendo agrupados nas prateleiras dos carros de transporte com a base voltada para cima ficando a colocação no carro a cargo do robot.



**Figura 34 - Armazenamento dos Pisos**



### **3.8.10 Acondicionamento do *Workoff***

Quando o piso não está conforme, é denominado como *Workoff*. Os pisos vão para uma banca à frente do armazenamento automático, exclusiva para o operador poder receber o material e acondicioná-lo devidamente nas mesas para futuro reaproveitamento na Misturação. As mesas de *Workoff* são designadas pelo código de composto de capa utilizado na produção do piso. Na Figura 35, é representada uma área de acondicionamento de *Workoff* junto às máquinas.



**Figura 35 - Mesas de *Workoff***

O *Workoff* (WO) é gerado no *Setup* de mudança de produto, durante a corrida, nas Devoluções da construção e no Material retido. De seguida, são descritas as diferentes condições de WO.

O *Setup* é o início de produção de uma nova medida, em que são realizadas a limpeza da extrusora para o novo produto conter só os compostos correspondentes, e uma mudança de fieira para o piso ter as dimensões e aspeto pretendidos. Visto a Continental Mabor possuir um “*mix*” de 186 artigos, as mudanças são frequentes e influenciam negativamente o *stock* de WO, pois em média é gerado 100 quilos de material não conforme no *Setup*.

O piso mau durante a corrida é material com inconformidades relacionado com a máquina e com as fieiras, como as dimensões fora do especificado detetadas pelos sistemas de medição, os encravamentos da máquina prendendo pisos na passadeira, a borracha conter rasgos ou riscos, etc..

As Devoluções da construção são pisos rejeitados na altura da transformação dos materiais fornecidos pela Preparação em “Pneu Cru”. O operador da construção executa uma inspeção visual a cada piso, sendo a sua rejeição relacionada com a qualidade do material e que passou despercebido ao operador da extrusão dado que os pisos são armazenados nos carros sem existir possibilidade de uma

verificação pormenorizada. Os pisos não conformes são entregues pelo transportador na extrusora que o produziu e o operador da extrusão acondiciona na mesa de WO correspondente.

O material retido corresponde a pisos rejeitados devido a um único erro específico, sendo necessário aferir o que causou para uma geração de pelo menos 75 pisos não conformes. Normalmente, estas situações estão ligadas a erros humanos, como distrações nas interpretações das receitas de produção.

## **4. Projeto de melhoria do processo de extrusão de pisos**

Utilizando o *Lean Six Sigma* espera-se obter melhorias significativas no desempenho do processo de extrusão. O presente capítulo encontra-se estruturado pelo ciclo DMAIC. Aplicando as diferentes fases (definição do problema, medição do problema, análise da situação atual, propostas de melhoria, controlo e monitorização futura) procura-se encontrar lacunas e colmatá-las, possuindo a visão de atingir produtividade juntamente com a redução de material não conforme (*Workoff*).

### **4.1 Fase de Definição**

Inicialmente, o método DMAIC exige a definição da finalidade e delimitações do projeto. Esta fase permite explicar o problema de forma resumida e estipular a informação e requisitos necessários para começar o desenvolvimento do projeto. De seguida, são apresentadas ferramentas que permitirão descrever o que está errado no processo de extrusão de pisos, com o intuito de compreender intrinsecamente o problema (e dessa forma delinear estratégias para a fase de medição).

#### **4.1.1 Seleção do Projeto**

O processo de extrusão possui um conjunto de indicadores associados a metas estabelecidas pela Continental AG. Os indicadores de desempenho do processo de extrusão são: o *Scrap I* (material sem hipótese de reaproveitamento (lixo)), o Tempo perdido na Construção por falta de pisos, o OEE das extrusoras e a % de Geração de *Workoff*. O último indicador enumerado é definido pela chefia do Departamento II – Preparação a Quente como importante para o correto funcionamento do processo de extrusão, dado que a sua melhoria influencia positivamente os indicadores representantes do tempo perdido na Construção por falta de pisos e da eficiência das extrusoras. Além do referido, é o único indicador que está fora das metas da Continental AG. Portanto, o indicador representante da geração de material não conforme (WO) motivou a Continental a selecionar como projeto a melhoria do processo de extrusão.

#### **4.1.2 Declaração do Projeto**

Na Tabela 4 visualiza-se a declaração do projeto, apresentando o propósito, as metas a serem atingidas e ajuda à compreensão do trabalho desenvolvido.

**Tabela 4 - Declaração do Projeto**

<b>Business Case:</b>			<b>Opportunity Statement</b>		
Um dos indicadores para avaliar o desempenho do processo de extrusão é a % de Geração de <i>Workoff</i> . Atualmente, o valor deste “ <i>Key Performance Indicator</i> ” não está nos valores pretendidos pela Continental AG, sendo prioritário intervir de modo a Continental Mabor caminhar para uma melhor posição comparativamente a outras fábricas pertencentes ao grupo.			- Melhorar o indicador da geração de <i>Workoff</i> . - Redução do <i>Workoff</i> gerado pelo processo de extrusão. - Redução da quantidade de pisos rejeitados pela Construção. - Redução do <i>stock</i> de <i>Workoff</i> .		
			<b>Defect Definition:</b>		
			“Pneu Cru” não produzido devido a falhas na extrusão.		
<b>Goal Statement:</b>			<b>Project Scope:</b>		
- Identificar as causas que levam à geração de <i>Workoff</i> . - Atuar nas causas que elevam o <i>Workoff</i> . - Melhorar o processo de tratamento de <i>Workoff</i> .			<b>Process Start Point:</b>		
			15-11-2012		
			<b>Process End Point:</b>		
			01-07-2013		
<b>Expected Savings/Benefits</b>			<b>In Scope:</b>		
- Aumento do nº de unidades produzidas na Construção. - Redução do nº de falhas no processo de extrusão. - Redução nos custos de armazenamento do <i>Workoff</i> . - Obtenção da real quantidade de <i>Workoff</i> existente junto à extrusora.			Diminuição do material não conforme (WO) existente na fábrica gerado pela extrusão.		
			<b>Out of Scope:</b>		
			Custo de produto final não conforme.		
<b>Project Plan:</b>			<b>Team:</b>		
<i>Task/Phase</i>	<i>Start Date:</i>	<i>End Date:</i>	<i>Name:</i>	<i>Role</i>	<i>Commitment</i>
<b>Definir</b>	Novembro.12	Dezembro.12	H.Pestana	Black Belt	High
<b>Medir</b>	Janeiro.13	Fevereiro.13	J.Salgueiro	Black Belt	Low
<b>Analisar</b>	Março.13	Maio.13	Gustavo	Decision Support	Low
<b>Melhoria</b>	Maio.13	Junho.13	R.Antunes	Project Leader	High
<b>Controlo</b>	Junho.13	Julho.13	F.Viamonte	Black Belt	Low

Os elementos da equipa do projeto de melhoria possuem conhecimento intrínseco do processo de extrusão, devido a resolução de problemas no passado. O autor da dissertação em conjunto com os restantes constituintes da equipa identificaram e selecionaram as causas a serem eliminadas. Além da análise, o autor contribui com propostas de melhoria que foram implementadas a um baixo custo.

#### **4.1.3 Descrição do Problema**

O indicador da percentagem de geração de *Workoff* é calculado através do somatório da quantidade de material não conforme gerado no processo de extrusão (*Setup*, Piso mau durante a corrida, Devoluções da Construção, Material retido) a dividir pela quantidade de borracha que entrou na extrusão para a criação dos novos materiais (vezes 100). Como tal, executou-se uma introspeção para compreender as causas que levam a um aumento do *Workoff* e consequentemente à falta de pisos na Construção.

#### **4.1.4 Diagrama de SIPOC**

Na Figura 36 é apresentado o diagrama SIPOC para a criação de um piso com as características pretendidas. Esta ferramenta permite identificar numa fase inicial do projeto, os elementos relevantes do processo de extrusão.

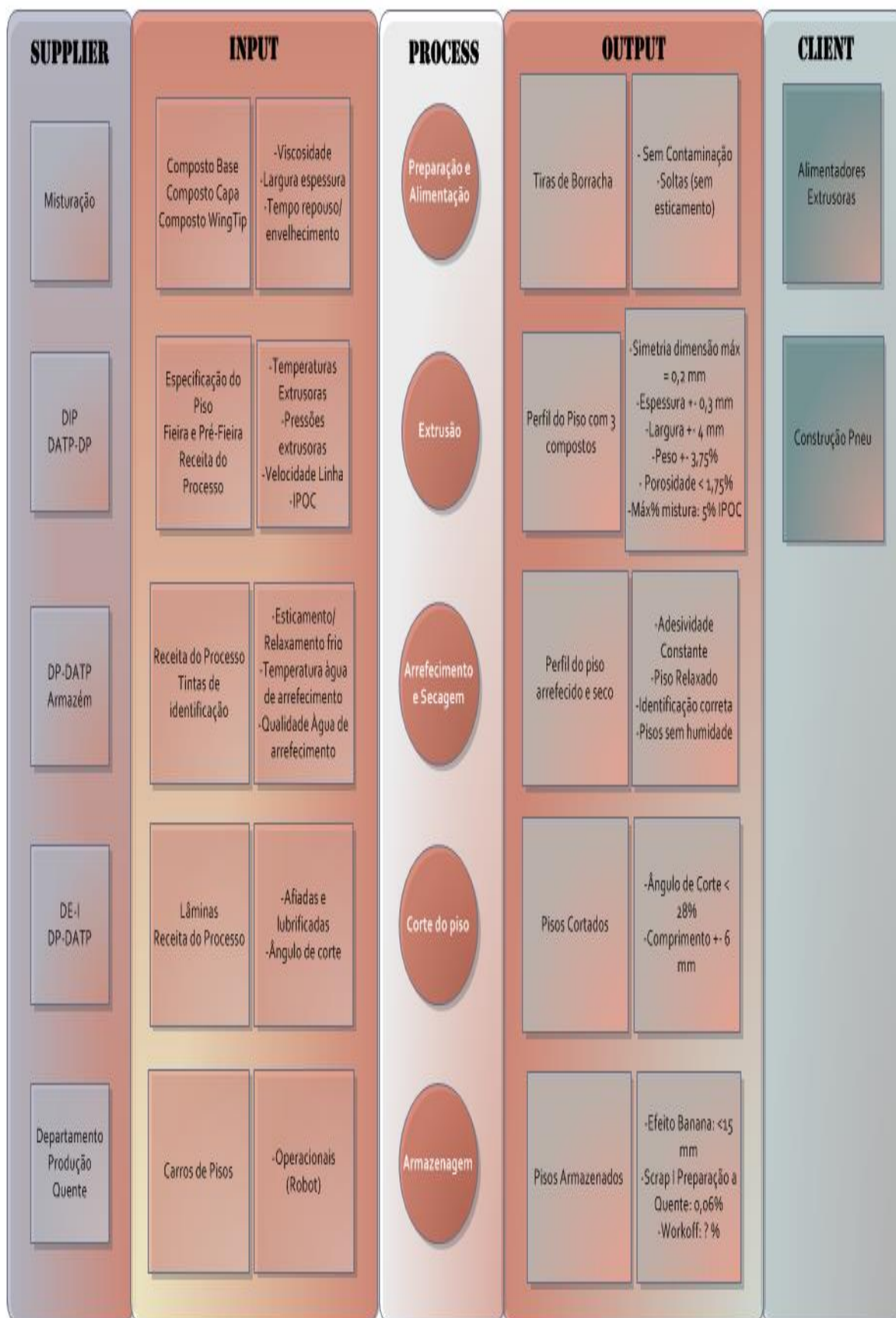


Figura 36 - SIPOC do processo de extrusão

#### 4.1.5 Fluxograma do tratamento de *Workoff*

Na Figura 37 é representado o tratamento do *Workoff* gerado através de um fluxograma, permitindo a visualização esquemática do procedimento executado pelos elementos envolvidos neste processo (incluindo ações de controlo e decisões que são da responsabilidade dos intervenientes).

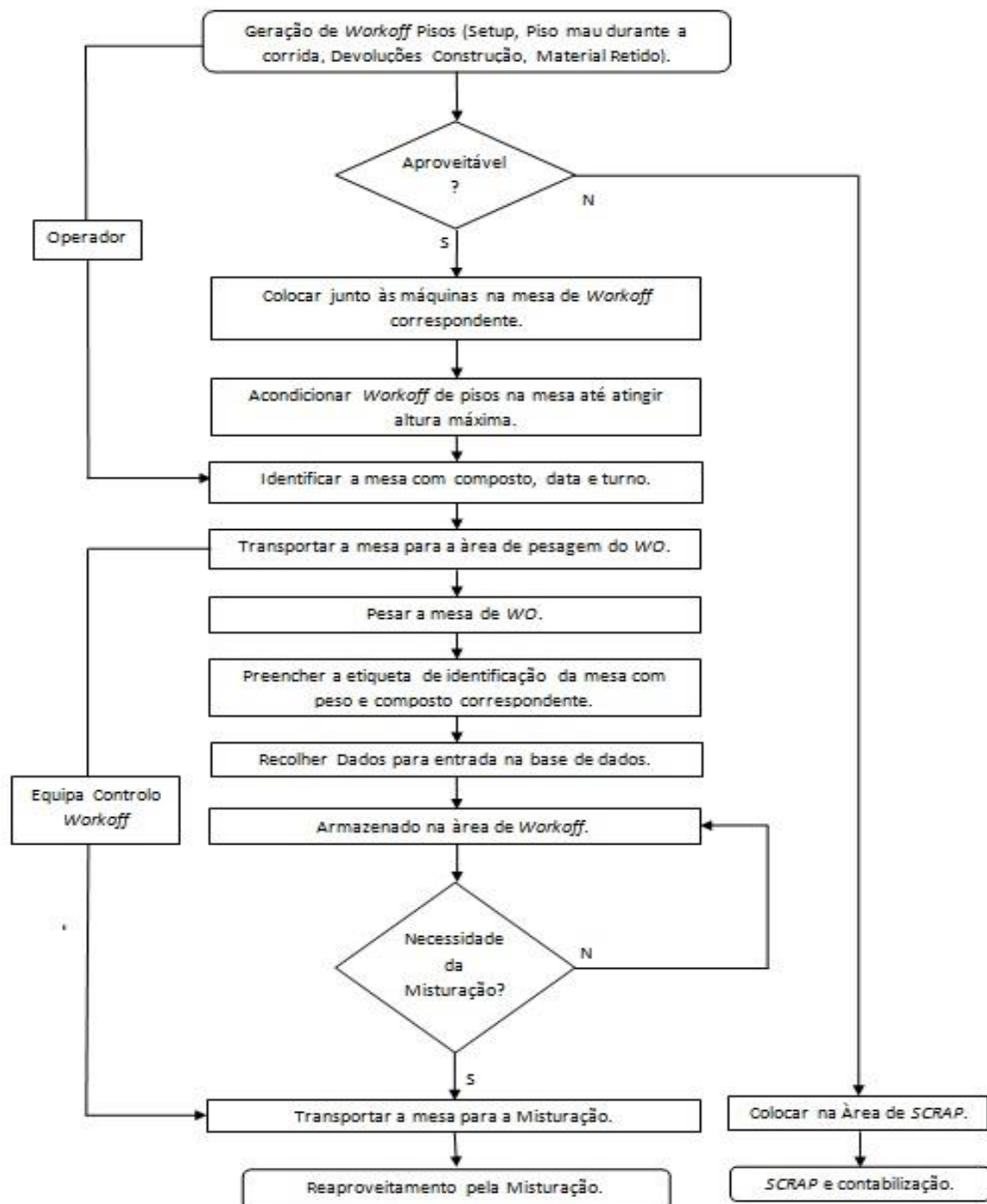


Figura 37 – Fluxo do *Workoff*

Se o piso é considerado como *Workoff* (WO), o operador da extrusão acondiciona na mesa correspondente, ou seja, coloca o WO independente da causa geradora de *Workoff* em mesas com composto de capa igual. O correto acondicionamento nas mesas pelo operador, permitirá um melhor reaproveitamento na Misturação. Se o operador determinar que o material não é reaproveitável, é enviado para *Scrap* (Lixo).

Como não existe meio de pesar o WO de pisos junto das máquinas, é realizado um inventário diário por um elemento da equipa de *Workoff*, que visualmente efetua uma estimativa das quantidades que foram geradas e guardadas temporariamente junto das máquinas que, somando às quantidades já armazenadas em *stock*, obtém-se o valor aproximado dos quilos existentes de *Workoff* de um composto de capa específico.

Quando a mesa de WO está completa, o transporte para a área de pesagem é assegurado pela equipa de controlo de *Workoff* e armazenado na área de *Workoff*, mas só quando existe espaço. A comunicação de que as mesas estão cheias é algo que não está bem definido, sendo normalmente constatado pelos transportadores da equipa quando existe uma necessidade específica da Misturação.

O reaproveitamento do *Workoff* de pisos pela Misturação é assegurado pela equipa de controlo de WO, que efetua o transporte até ao elevador. A verificação atempada do planeamento de produção dos compostos, permite à equipa de WO fornecer no momento certo as mesas necessárias à Misturação. O reaproveitamento do WO é efetuado na produção de composto de igual capa.

#### **4.1.6 Planeamento da Produção**

Devido à elevada complexidade do sistema produtivo, a estratégia por parte do planeamento da produção passa por conseguir satisfazer a procura com uma produção para *stock* em pequenos lotes (*Make-to-Stock*). O planeamento da produção utiliza o programa SAP como elo de ligação entre o que é necessário produzir nos diferentes departamentos pertencentes à Direção da Produção, no qual o SAP executa uma gestão dinâmica dos materiais necessários para o desenrolar das atividades produtivas tendo como base o *stock* e a capacidade existente.

O processo de extrusão produz diariamente uma média de 51000 pisos para um "mix" de 186 artigos. Como tal, o Departamento de planeamento da produção recebe as encomendas da Direção de Operações e Logística (DOL), faz o lançamento no SAP desencadeando várias ordens de produção com o MRP (*Material Requirements Planning*) necessário em cada máquina. A ordem de produção específica à máquina correspondente é visível ao operador num monitor com o código e a quantidade necessária a ser produzida.



A Continental Mabor por turno faz muitos *setups* de mudança de medida (troca de composto (base, capa) ou fieira) influenciando a geração de WO, visto que existem vários artigos a serem produzidos e para garantir a melhor qualidade, a extrusora limpa o seu conteúdo para o piso conter somente os compostos (IPOC) e as dimensões corretas. Desta forma, *Workoff* é criado em todas as mudanças de medida para que o piso possua as características pretendidas pelos clientes.

#### 4.1.7 Takt Time

O ritmo de produção necessário da extrusora para responder à procura da Construção é encontrado na divisão do tempo disponível da máquina por dia pelo número de unidades a serem produzidas em função da procura. O valor de *Takt Time* que será apresentado, consegue transparecer a exigência produtiva e a flexibilidade que o Departamento II terá que possuir para corresponder à procura de materiais.

No Figura 38 é apresentado uma vista do CBDAS – Continental Basic Data Acquisition System, uma base de dados desenvolvida pelo gabinete de Inovação e projetos de Manufatura, que permite atualizar o estado da produção no momento, permitindo uma monitorização e consequente controlo do processo.

2013/03/21		E0	E2	E3
OK		5404	2808	1209
NO		0	0	0
Setup		0	0	0
Total		5404	2808	1209
Production	SP	12	10	14
	Time	00:00:12	00:00:10	00:00:14
Losses	SP	0	0	0
	Time	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Setup	SP	1	0	0
	Time	00:00:01	00:00:00	00:00:00
Speed Losses		00:00:16	00:00:01	00:00:16

2013/03/20		E0	E2	E3
OK		4667	4548	4996
NO		0	0	0
Setup		0	0	0
Total		4667	4548	4996
Production	SP	16	14	13
	Time	00:00:16	00:00:14	00:00:13
Losses	SP	0	0	0
	Time	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Setup	SP	0	0	0
	Time	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Speed Losses		00:00:17	00:00:20	00:00:19

**Figura 38 – CBDAS (Continental, 2013)**

Seguindo os valores presentes na Figura 38, o tempo disponível da máquina E06 foi de 846 minutos (correspondente ao tempo disponível útil num dia típico de produção), dividindo por uma produção diária próxima das 14000 unidades, obtém-se um TT próximo dos 4 (3,63) segundos por piso. Este valor influencia os constantes *setups* para conseguir corresponder à capacidade instalada e procura dos clientes.

## 4.2 Fase de Medição

Determinado o foco do problema, foi planeada uma recolha de dados para quantificar o problema. Nesta fase, é quantificado o estado atual para auxiliar a perceção das dificuldades, baseado nos dados recolhidos sobre as causas críticas para a criação de material não conforme, e dessa forma adquirir um conhecimento intrínseco do que influencia negativamente o indicador da percentagem de geração de WO.

Para além das causas que propiciam o aumento de WO será medido o fluxo, permitindo avaliar o desempenho do processo relativamente à criação de valor, *work-in-process* e mão de obra. Espera-se na medição adquirir o conhecimento necessário para na fase seguinte efetuar uma análise fiável, crítica e eficaz.

### 4.2.1 Estratificação do problema

O piso é um material débil tornando-se “imperativo”, o operador ter precaução ao manuseá-lo e a extrusora possuir um desempenho sem encravamentos, visto que com relativa facilidade o piso danifica-se, ultrapassando as especificações técnicas que garantem a qualidade e segurança ao consumidor final.

Na Figura 39 visualizam-se as categorias das causas referentes à geração de *Workoff* no processo de extrusão, sendo que associadas a estas existem variáveis com maior ou menor preponderância.



**Figura 39 – Categorias das causas relativas à geração de *Workoff***

A Extrusora possui mecanismos produtivos essenciais ao formato final do piso, no qual devido à produção diária é comum existir falhas de desempenho relacionado com encravamentos da máquina

ou o desgaste de várias horas contínuas de produção. A máquina é indispensável na produção do piso, existindo uma manutenção preventiva para garantir o correto funcionamento da extrusora.

O Homem é responsável pela interpretação e inserção dos dados da receita na máquina sobre as especificações do piso, do posicionamento do composto no alimentador da extrusora e pela paragem da máquina no caso de alguma inconformidade com o desempenho da máquina, qualidade do material ou posicionamento das tintas de identificação.

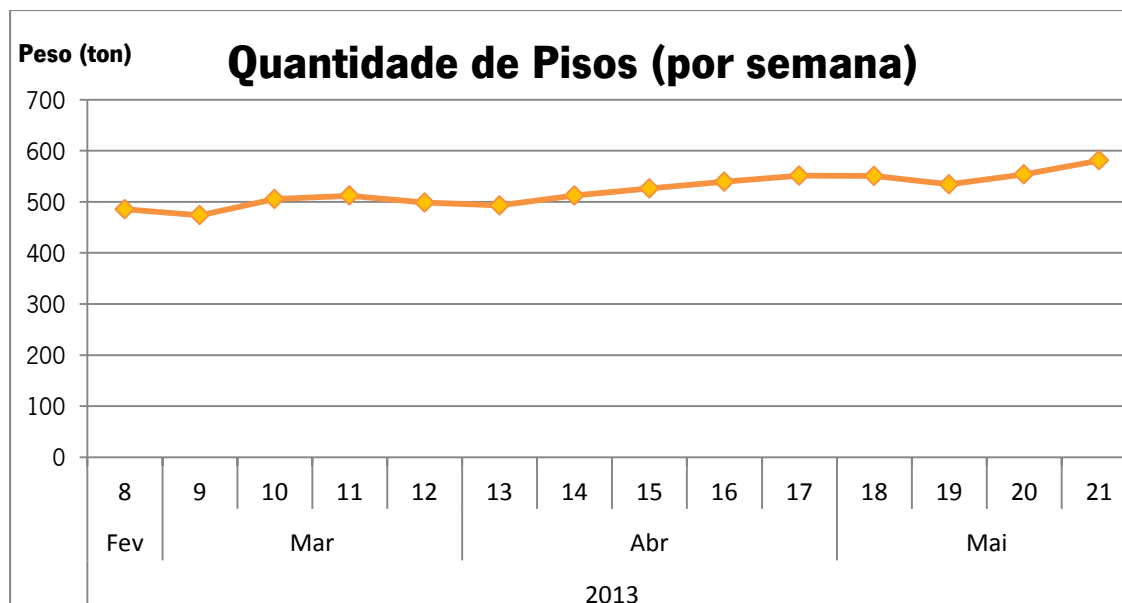
A Borracha é trabalhada a quente e com relativa facilidade as características da borracha ficam fora das especificações técnicas.

O método produtivo adotado pela Continental Mabor, já referido anteriormente, é a produção para *stock* de pequenos lotes. Este tipo de produção origina mais *Workoff* dado que existe mais mudanças de composto e de fieiras, sendo que o *setup* da nova medida de produção do produto obriga a que uma elevada quantidade de pisos seja rejeitada para que dessa forma o produto esteja dentro das especificações técnicas pretendidas.

#### **4.2.2 Estado atual da Geração de *Workoff***

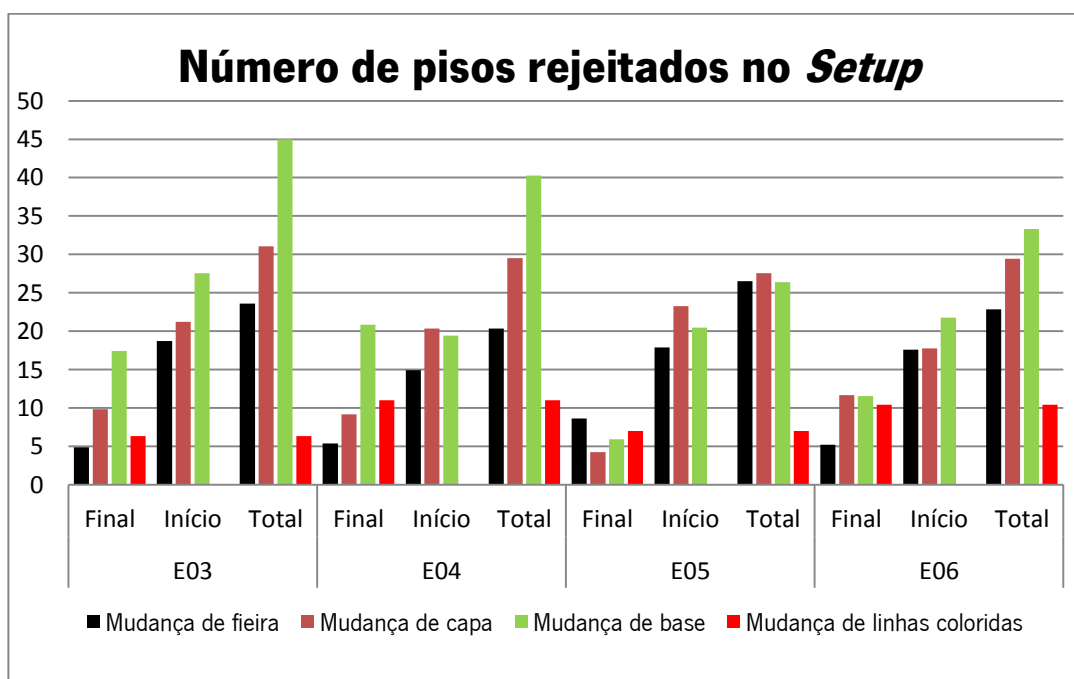
Nesta secção é descrito o estado atual e são enumeradas as principais causas para a geração de WO, recorrendo à análise de Pareto. Os valores que serão apresentados foram estruturados pela equipa do projeto de melhoria do processo de extrusão, em que o autor junto das máquinas recolheu dados durante duas semanas, para compreender o processo, dificuldades, falhas e oportunidades de melhoria na geração de *Workoff*.

Na Figura 40 são representados os valores relativos à evolução semanal do inventário de *Workoff* de pisos, na qual são perceptíveis as variações de WO nas diferentes semanas e meses. Isto advém da mudança de produção de pisos de verão para inverno, influenciando negativamente o inventário de WO dado que, por exemplo, os pneus de inverno utilizam compostos diferentes aos de verão, o que resulta na permanência em *stock* de *Workoff* que só poderá ser reaproveitado na Misturação quando existir produção de novos compostos para pneus de verão.



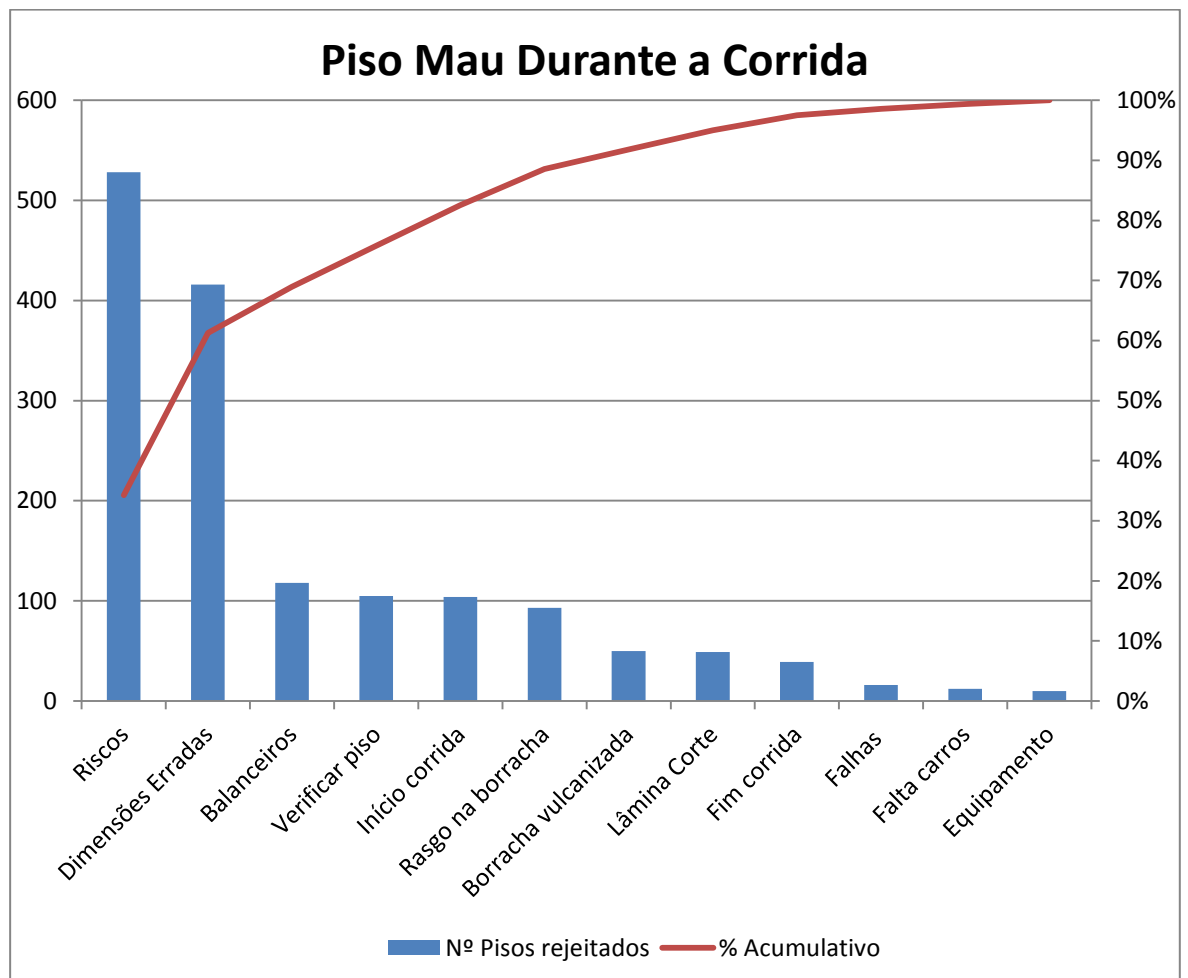
**Figura 40 - Evolução Semanal de WO**

O *Setup* é indispensável, surge em todas as corridas e contribui significativamente para o aumento do inventário de WO diariamente. A Figura 41 representa o número de pisos rejeitados no *setup* de uma nova medida nas diferentes extrusoras, no qual o final corresponde à limpeza do conteúdo da extrusora, enquanto que no início executa-se o acerto das dimensões e compostos do piso. Desta forma, o *setup* garante o cumprimento dos requisitos estabelecidos que estão visíveis ao operador nos dados da receita da medida. De referir que a mudança de feira corresponde à produção de uma medida que contém os mesmos compostos da corrida anterior.



**Figura 41 - Pisos rejeitados no *Setup***

Na Figura 42 visualiza-se um gráfico de Pareto com as causas relacionadas com os pisos maus durante a corrida, um dos elementos que contribui para o indicador de percentagem de WO. Esta recolha de dados foi executada pelo autor, consistindo em observações diárias em que, sempre que a máquina ou operador rejeitava um piso, era anotado o motivo pelo qual foi gerado o *Workoff*.

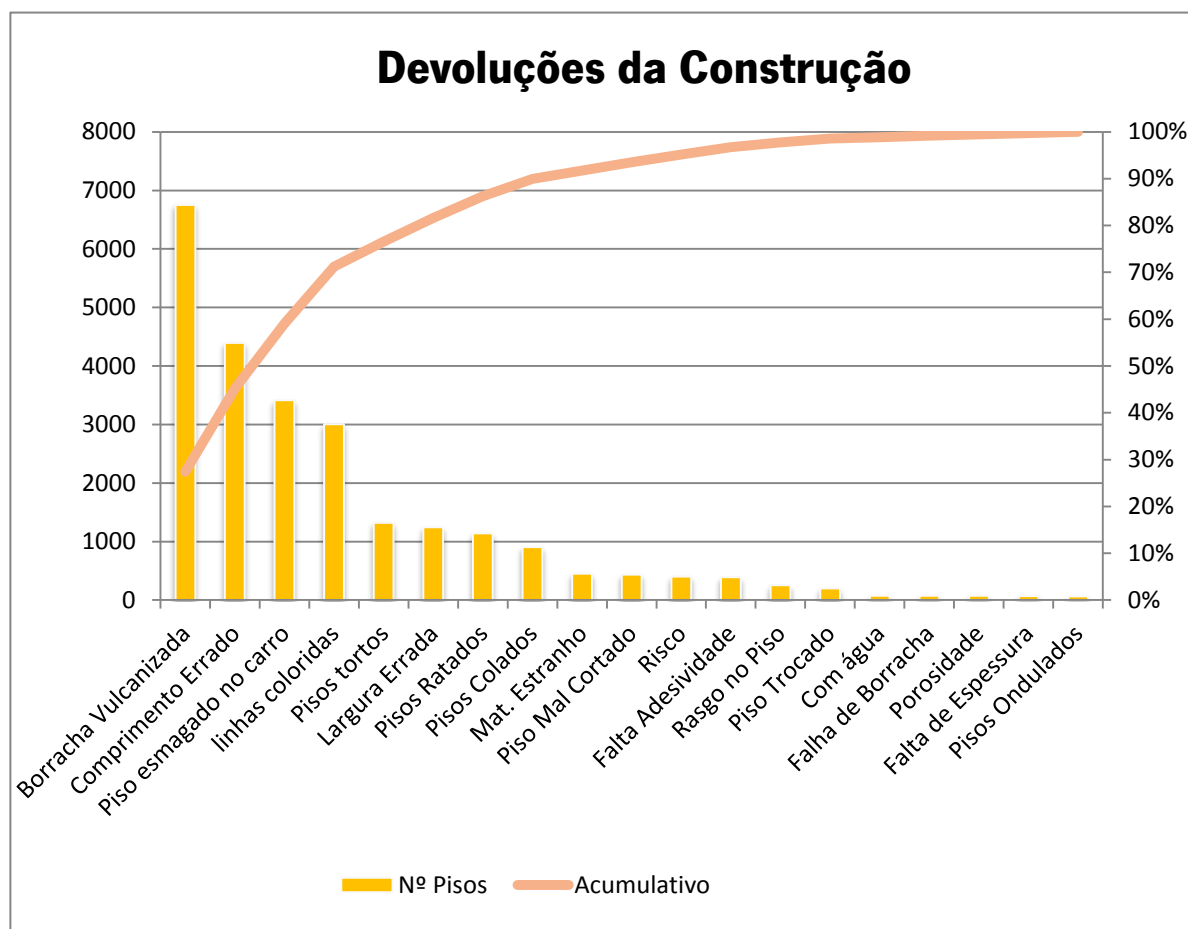


**Figura 42 – Geração WO durante a produção**

As perturbações que ocorreram com frequência nas quatro extrusoras foram os riscos e os pisos fora de dimensões durante a corrida (comprimento, largura e peso). Os riscos estão relacionados com a fieira, na qual o procedimento do operador é a paragem da máquina para executar uma limpeza à fieira e cabeçote de extrusão. Esta paragem influencia a quantidade de WO gerada, dado que terá de ser executado novo *setup* de início de corrida para acertar as dimensões do piso. Durante a corrida significa pisos fora de dimensões, em que o comprimento, largura e peso estão fora das especificações técnicas pretendidas e foram rejeitados pelos sistemas de medição existentes na extrusora.

Na Figura 43 são apresentadas as causas para as devoluções de pisos da Construção que refletem um atraso na deteção de material não conforme. Esta rejeição do piso efetuada no DP-III envolve uma

inspeção visual pormenorizada visto que na construção do “pneu cru” todos os pisos armazenados no carro passarão pelas mãos do operador.



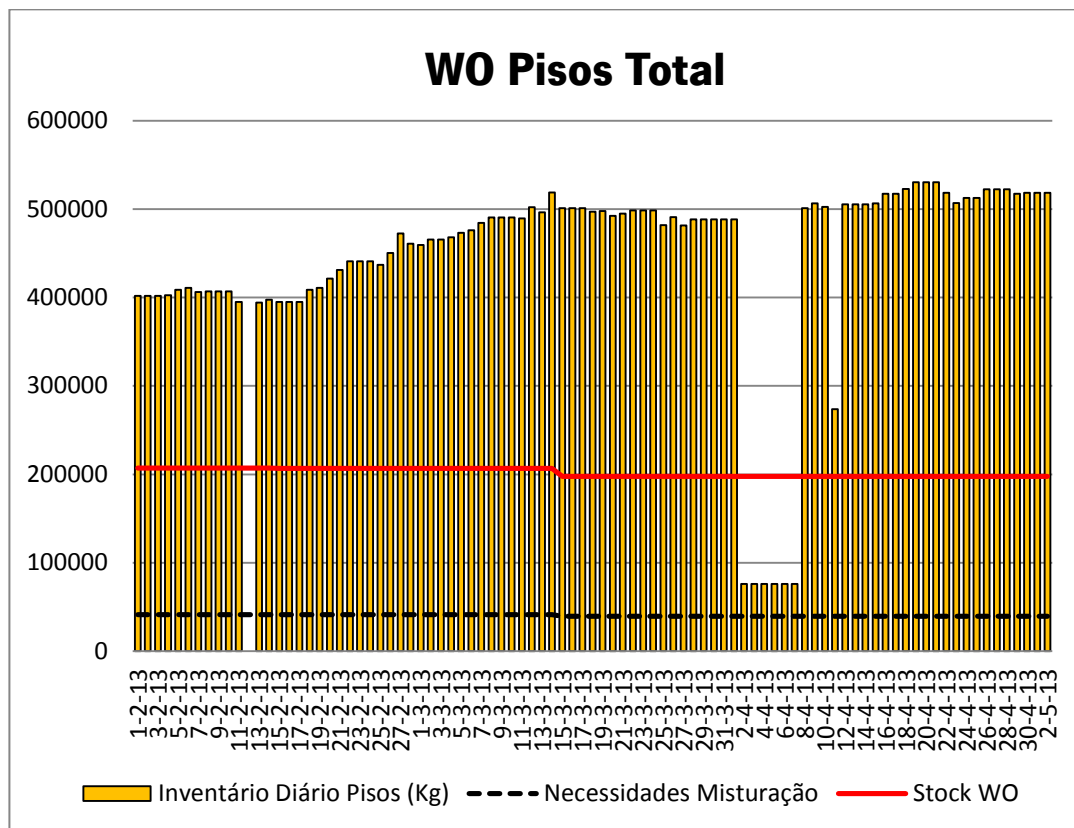
**Figura 43 – Devoluções da Construção**

Esta informação contida na Figura 43 foi recolhida pelo operador da construção, expõe as causas que o motivaram a rejeitar o piso. As principais causas foram a borracha vulcanizada, o comprimento errado, o piso esmagado no carro e as linhas coloridas. Dos motivos enumerados, a borracha vulcanizada enquadra-se na categoria borracha, enquanto o comprimento errado, o piso esmagado no carro e as linhas coloridas ocorrem devido a falhas da extrusora e Homem.

Na figura 44 está representado o *stock* de *Workoff* de pisos existentes na fábrica sendo que poderá ser consumido/reaproveitado consoante as necessidades da Misturação. Como referido anteriormente, a equipa de controlo de WO verifica a produção de compostos e coloca as mesas de *Workoff* necessárias à disposição do operador da Misturação para este proceder ao reaproveitamento na produção do composto.

Os espaçamentos existentes no gráfico correspondem a paragens de produção, no qual o controlo diário não foi efetuado pela equipa de WO. Observando a Figura 44, existiu um período de tempo (2 de

abril a 8 de abril) em que as extrusoras estiveram paradas e a Misturação continuou a sua produção, o que refletiu numa diminuição da quantidade de WO em *stock*.



**Figura 44 – Gráfico Pisos WO Total**

O inventário é efetuado diariamente para existir um controlo sobre as novas quantidades que foram geradas no processo de extrusão. O ideal passa pela quantidade de WO estar entre as linhas de *stock* desejável para os próximos cinco dias (linha a vermelho) e as necessidades diárias da Misturação (linhas a tracejado).

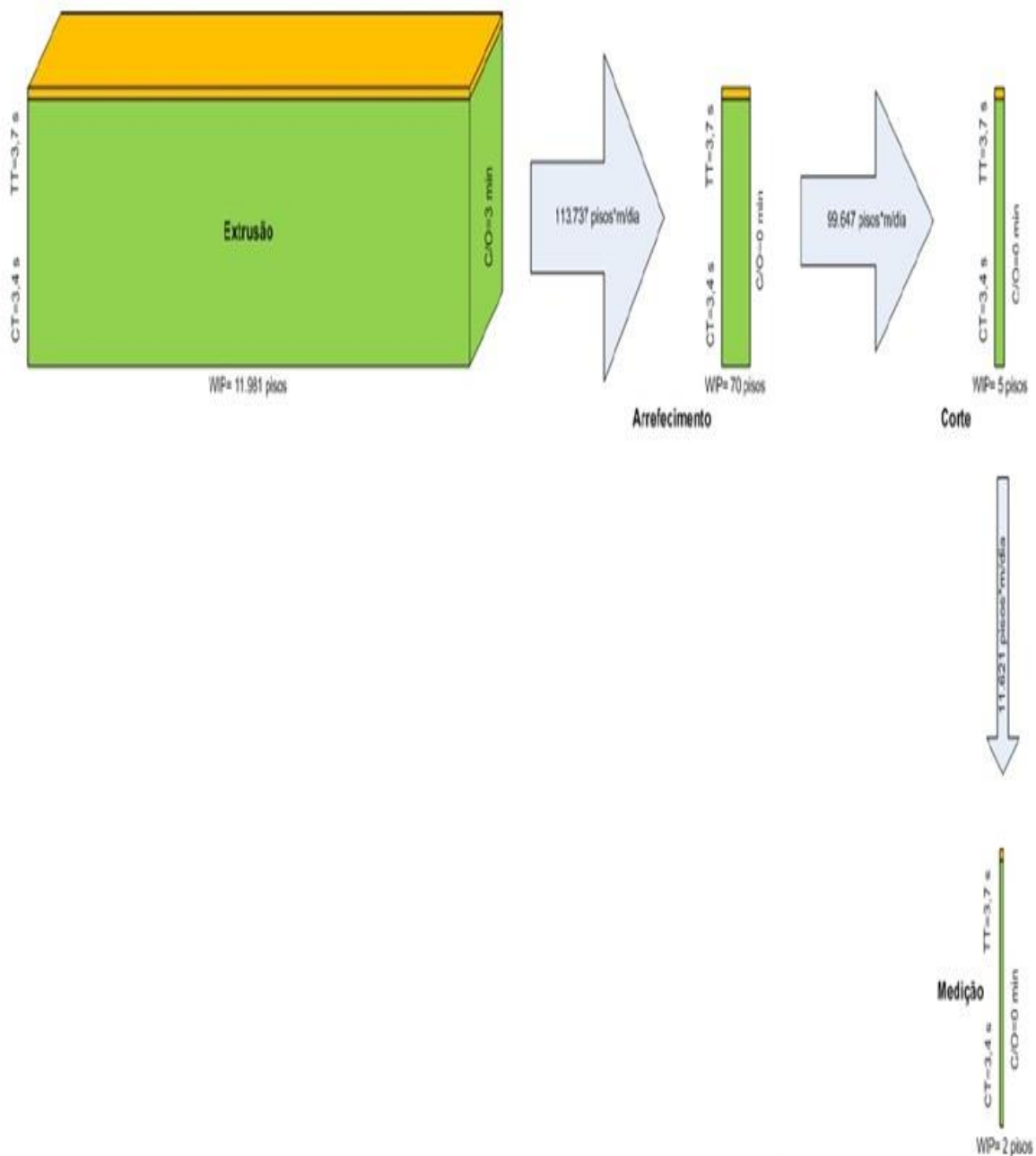
O *Setup* é o elemento que mais contribui para o aumento das quantidades de WO visto estar presente em todas as novas corridas de produção. Os pisos maus durante a corrida e as devoluções da construção contribuem em proporções semelhantes para o aumento do inventário diário.

#### 4.2.3 Waste Identification Diagram (WID)

A utilização do WID ajuda à compreensão do processo atual, visto que é de fácil interpretação e permite um diagnóstico visual das etapas que acrescentam valor na perspetiva do cliente.

A Figura 45 representa o WID da linha de extrusão transmitindo a informação, através dos blocos sobre os tempos de ciclo (TC), os tempos de *setup* (C/O), o *Takt time* (TT) e o *work-in-process* (WIP) associado a cada elemento para a criação do piso, e através das setas, o transporte para o processo

seguinte. Os desperdícios identificados com os blocos são o inventário e o excesso de produção, e com as setas, o esforço do transporte.



**Figura 45 – WID da extrusora E04 (Adaptado de Sousa (2011))**

Os valores apresentados por Sousa (2011) permanecem atuais, a Direção de Engenharia Industrial cronometra periodicamente os tempos de ciclo (TC) e tempos de *setup* (C/O). O TT referido na fase de definição é similar ao tempo apresentado na altura total do bloco.



Observando o diagrama WID, a extrusão possui um tempo de *setup* de três minutos porque existe a mudança de fieira e pré-fieira, enquanto que nos outros processos não é necessário qualquer preparação da máquina para produção de uma nova medida, existindo uma folha de controlo sobre cada elemento e uma manutenção preventiva para o correto funcionamento.

O transporte entre processos é realizado por tapetes rolantes, o que origina um tempo de ciclo igual para todos os processos. A largura das setas é mais acentuada na extrusão dado que a distância/peso percorrido pelo material nesta fase é a maior.

O material sai do cabeçote de extrusão e é contínuo até à lâmina de corte, após esta fase é transformado em piso (unidade). O lote da medida está dependente da largura do piso, visto que habitualmente a capacidade de armazenamento no carro ronda os 75 a 100 pisos. A produção diária por máquina está próxima das 15000 unidades por turno. O *work-in-process* mais elevado é o da extrusora, visto que o seu processo constitui em plastificar compostos para formar a capa, base e *wing tip* do piso. É algo que exige tempo de processamento para o acerto dos compostos na extrusora (IPOC) e aspeto final corretos, e o volume da extrusora permite uma quantidade de WIP referida na Figura 45.

Dos desperdícios referidos e visíveis no diagrama, o transporte está presente em demasia visto que para começar a produção de uma medida nova, desde que o material sai do cabeçote de extrusão até ao armazenamento, é um percurso com uma duração de cinco minutos. Este dado transparece o esforço e o tempo perdido para executar uma nova produção.

Relativamente ao inventário e sobreprodução, não é visível no *Waste Identification Diagram*, mas a complexidade do sistema produtivo exige que haja material em *stock* para conseguir corresponder à eventual procura interna e externa.

A metodologia WID engloba um conjunto de observações enquadradas com os sete desperdícios descritos na revisão bibliográfica, sendo um auxílio eficaz na avaliação do desempenho dos quatro operadores envolvidos no processo de extrusão. Este estudo do acréscimo de valor do operador sobre o produto final, permitirá estruturar propostas de melhoria de forma a potenciar este recurso.

No Anexo III encontra-se a tabela com as observações efetuadas pelo autor desta dissertação, em que durante o turno executou um conjunto de anotações, em espaço temporal aleatório (passagem pela unidade produtiva na recolha de dados), para conter dados fiáveis sobre a organização do trabalho. Na Figura 46 é apresentado um diagrama com as percentagens relativamente às observações efetuadas.

Existem funções definidas, mas na realidade todos os operadores estão aptos a executar qualquer atividade.



**Figura 46 - Diagrama de Observação E06**

A intervenção do operador no processo consiste em fornecer os compostos corretos à extrusora, colocar a fiação e definir no computador as especificações certas (dimensões do piso e velocidades da linha de extrusão), garantir que o material percorre o seu caminho até ao armazenamento, tentando visualizar e minimizar as falhas da extrusora (encravamentos de balanceiros, tremonhas, sopradores, lâmina de corte, leitura da largura, e robot de armazenamento), colocar carros vazios na fila da zona de armazenamento, acondicionar o *Workoff* nas mesas correspondentes ao composto de capa utilizado, e preencher folha de controlo produtivo e de qualidade.

O termo “OVA” significa operações de valor acrescentado, na qual sem a intervenção do operador será impossível prosseguir a produção. As operações observadas no processo de extrusão enquadradas com o termo referido são: o corte de compostos para facilitar a entrada na extrusora, a colocação das

tintas para identificação dos pisos e o corte da ponta de início de produção para esta conseguir passar na lâmina de corte.

As movimentações são deslocações efetuadas pelo operador para algum lado sem levar consigo qualquer tipo de material ou ferramenta. A extrusora é uma máquina longa, o que resulta em movimentações frequentes visto que os locais em que é necessário esporadicamente a presença de um operador é sinónimo de uma distância que demora a ser percorrida.

O transporte são as deslocações em que os operadores mudam de local materiais ou ferramentas. Existem vários transportes visualizados durante a observação WID efetuada pelo autor, sendo os mais comuns a colocação de mesas de compostos junto da passadeira de alimentação, a inserção de carros na fila da zona de armazenamento e o acondicionamento de *Workoff* na mesa correspondente.

A monitorização é o controlo executado pelo operador para aferir se tudo está a caminhar para o desejado, ou seja, rejeitar e analisar no computador se as dimensões do piso e velocidade da extrusora estão nos valores pretendidos e preencher uma folha de controlo das medidas que saíram relativamente à produção (o código do piso, a fieira e compostos utilizados, o operador e o turno) e qualidade do material (em cada carro de pisos acabado de produzir, verificar na última prateleira as dimensões, a qualidade da base e do corte).

O *setup* é executado nas mudanças de medida, em que o operador para a máquina para fazer a limpeza do cabeçote de extrusão e coloca a pré-fieira e fieira para início de produção do novo piso. O procedimento está estruturado, a fieira e pré-fieira que irá ser utilizada é limpa e disposta antecipadamente numa mesa junto do cabeçote de extrusão, e a fieira e pré-fieira acabada de ser utilizada é limpa na mesma mesa referida e armazenada num armário, no seu local específico.

As esperas são tempos em que o operador está junto da extrusora, sem executar qualquer tipo de tarefa. Acontece com alguma frequência, dado que após o início de produção da nova medida, o operador intervém na colocação de carros na fila de zona de armazenamento e se existir pisos maus durante a corrida, deve proceder ao seu acondicionamento. Como o tempo de processamento de armazenamento de um carro é próximo dos seis minutos e pisos maus não são gerados em todas as corridas, há momentos em que o operador espera para executar uma próxima tarefa.

A ausência do operador corresponde à não presença do colaborador junto do processo de extrusão. Os valores recolhidos foram mais frequentes na hora de almoço, havendo situações em que dois operadores ausentavam-se em simultâneo.

Pelos valores apresentados, há valores elevados em atividades que não acrescentam valor ao produto. Esta informação recolhida, permitirá fundamentar no futuro, a procura por práticas que poderão ajudar na redução do indicador da percentagem da geração de *Workoff* e diminuir as atividades em que o operador não acrescenta valor ao produto.

#### **4.2.4 Cálculo do nível Sigma Atual e definição do *Target***

Encontrar o valor do sigma permite avaliar o desempenho do processo em função do número de defeitos que produz e do número de oportunidades do defeito. Na Figura 47 é apresentado o cálculo do sigma atual utilizando uma calculadora fornecida pelo site [www.isixsigma.com](http://www.isixsigma.com). Introduzindo o somatório dos valores recolhidos junto da Construção, existiram 393172 oportunidades de defeito em que 23748 pisos foram considerados defeituosos pelos operadores. O *Workoff* identificado no DP-III é colocado no carro em que foi transportado e entregue na extrusora que o produziu, para dessa forma o operador da extrusão proceder ao acondicionamento na mesa de WO de composto de capa correspondente.

The image shows a web-based 'SIGMA CALCULATOR' interface. It has a blue header with the title 'SIGMA CALCULATOR' and instructions: 'Enter your process opportunities and defects and press the "Calculate" button.' Below this, there is a 'Switch To:' button set to 'Advanced'. The input fields show 'Opportunities' as 393172 and 'Defects' as 23748. A 'Calculate' button is positioned below these inputs. The results section, titled 'Results', displays four calculated values: DPMO (60401), Defects (%) (6.04), Yield (%) (93.96), and Process Sigma (3.05). At the bottom, there is a link 'Report A Problem / Make A Suggestion' and a footer with 'SixSigma provided by' and the 'Six Sigma' logo.

Results	
DPMO	60401
Defects (%)	6.04
Yield (%)	93.96
Process Sigma	3.05

**Figura 47 - Sigma Atual**

O sigma atual é de 3.05, o que representa num desempenho de 94%. Almejando o aumento do valor do sigma e a melhoria do desempenho do processo de extrusão, o valor de defeitos tem de ser

reduzido. Recorrendo de novo à calculadora isixsigma (Figura 48), a equipa do projeto estimou a meta para uma redução do número de defeitos para metade (11874 pisos rejeitados).

The image shows a web-based 'SIGMA CALCULATOR' interface. At the top, it says 'Enter your process opportunities and defects and press the "Calculate" button.' Below this, there is a 'Switch To:' button set to 'Advanced'. The input fields show 'Opportunities' as 393172 and 'Defects' as 11874. A 'Calculate' button is positioned below these inputs. The results section, titled 'Results', displays the following values: DPMO is 30201, Defects (%) is 3.02, Yield (%) is 96.98, and Process Sigma is 3.38. At the bottom, there is a link to 'Report A Problem / Make A Suggestion' and a footer that reads 'SixSigma provided by' followed by the Six Sigma logo.

Results	
DPMO	30201
Defects (%)	3.02
Yield (%)	96.98
Process Sigma	3.38

Figura 48 – Sigma Target

O valor do sigma *target* será de 3.38.

### 4.3 Fase de Análise

Nesta fase é executada a análise dos dados medidos com a finalidade de identificar as causas de cada problema prioritário e que influenciam negativamente a geração de *Workoff*. A passagem por esta fase permitirá a identificação de lacunas no desempenho atual do processo, com o intuito de priorizar e direcionar oportunidades em que possa surtir efeito numa determinada causa.

Os dados recolhidos e tratados na fase de medição, são o fundamento para a análise que será realizada. O propósito da análise é compreender e identificar as fontes de variação do processo, para entender intrinsecamente o porquê de algo indesejável acontecer e começar a estruturar caminho para, na fase de apresentação de propostas de melhoria, eliminar o que prejudica as especificações na produção do piso conforme.

### 4.3.1 Diagrama Causa-Efeito

Na Figura 49 é apresentado o diagrama causa-efeito da geração de *Workoff* de pisos, realizado pelos elementos da equipa do projeto de melhoria do processo de extrusão. Esta ferramenta tem como objetivo facilitar a identificação das causas do problema. Através da representação gráfica, são enumerados os fatores que levam a um aumento de material não conforme, na qual são enquadrados em seis tipos de causas principais que afetam os processos (Máquina, Método, Medida, Meio Ambiente, Material e Mão de Obra).

As causas enumeradas são o reflexo dos *brainstormings*. A discussão de ideias permitiu chegar a um consenso sobre as causas apresentadas na Figura 49, dado que a experiência dos participantes na resolução de problemas no passado aliado à convivência do autor na obtenção de dados junto do processo de extrusão, não originou dificuldades na estruturação e ordenação das causas relativamente ao problema em estudo. Algumas das causas mais significativas são explicadas de seguida.

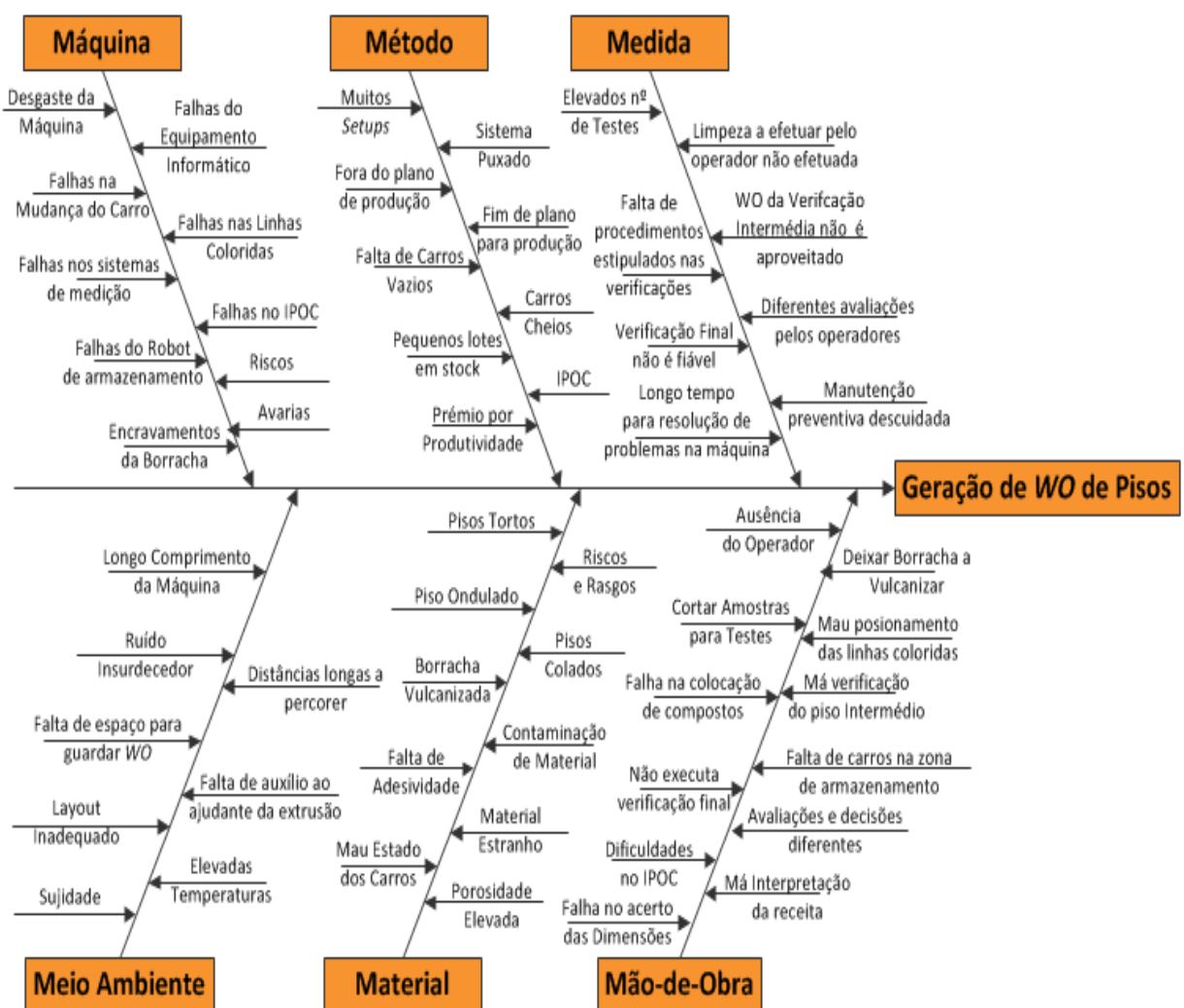


Figura 49 - Diagrama Causa-Efeito de Geração de WO

A causa secundária denominada por IPOC (*in process change of compound*) e presente na categoria método, consiste no piso que irá ser armazenado conter somente os compostos certos, ou seja, durante o *setup* de nova medida de produção a extrusora executa a limpeza do seu conteúdo para o piso conter os compostos de base ou capa corretos e referentes ao código que irá ser produzido. É executado através de um programa informático, que avisa o operador para saber quando mudar de composto, para dessa forma conseguir-se poupar nas quantidades de composto gastas nas mudanças de medida de produção do novo piso.

O material (borracha trabalhada a quente) força por vezes à paragem da máquina para atuar em irregularidades produtivas devido a inconformidades que influenciam o aspeto final do piso. Apresenta-se de seguida as inconformidades mais típicas: as linhas coloridas não estarem posicionadas devidamente, os riscos (marcas ou rasgos na borracha) que obrigam à limpeza da fiação para remover o que está a danificar o piso, e encravamentos da borracha nos tapetes rolantes e na lâmina de corte.

A paragem da máquina para corrigir alguma anormalidade, exigirá que uma quantidade de pisos sejam rejeitados para atingir o formato pretendido. Até chegar a esse patamar, a máquina rejeitará pisos fora de dimensões, ou seja, não estão dentro das dimensões representadas nos dados da receita, tornando esta situação semelhante ao *setup* de mudança de medida em que se acertam as dimensões e os compostos.

Após o *setup* de início, o sistema de medição automático coloca todas as luzes referentes ao peso, comprimento e largura a verde, e o operador faz uma verificação intermédia que consiste na medição e numa inspeção visual pormenorizada da qualidade do piso. Mesmo que o piso possua as características pretendidas, normalmente esta verificação do piso é considerado pelo operador como *Workoff*, visto que não coloca o piso num local até averiguar se o carro ficou completamente cheio.

A falta de auxílio ao ajudante na extrusão significa a ausência de algo visual que permita perceber qual o composto de capa que está a correr e as dimensões que o piso deverá possuir, sem ter que se deslocar junto dos dados da receita. Esta situação foi vista frequentemente na verificação intermédia.

O transporte do material até ao armazenamento no carro é efetuada por tapetes rolantes e um robot. Qualquer falha por parte da máquina não constatada atempadamente pelos operadores, origina uma elevada quantidade de *Workoff* porque a máquina não para e a borracha vai percorrendo o seu trajeto até ao armazenamento. As falhas de equipamento informático, o robot de colocação dos pisos nos carros, os encravamentos (balanceiros, tremonhas), o difícil acesso aos locais de encravamento, o longo comprimento da máquina, o ruído, as distâncias longas, os pisos colados, os pisos tortos, a falha

de composto e a ausência do operador são exemplos de causas associadas à não visualização de algum problema com a máquina e material.

A verificação final é um procedimento que deverá ser executado pelos operadores no final de produção de cada carro. Esta situação é semelhante à verificação intermédia, mas a diferença consiste no local em que é executada a inspeção ao piso. A verificação intermédia é feita na banca de *Workoff* enquanto que a final é realizada no carro e obriga o preenchimento de uma folha de controlo relativamente a dimensões do piso e qualidade do material.

Algumas situações como a borracha vulcanizada, a falta de adesividade, o material estranho, ou o piso colado são constatadas na Construção porque envolve uma inspeção pormenorizada e realizada pelo operador do Departamento III dado que cada piso armazenado no carro passará por ele antes de ser utilizado.

Existem duas situações geradoras de *Workoff* de pisos que significam a não oportunidade de serem gastos pela Construção, isto é, estavam bons mas por estarem em fim de plano ou fora de plano são considerados material não conforme. O fim de plano corresponde a pisos que estão fora da validade visto que após a permanência em *stock* durante quatro dias são considerados *Workoff*, enquanto que o fora de plano corresponde a material que foi produzido a mais no qual não existe carros vazios e a quantidade programada foi produzida, os operadores acondicionam nas mesas como *Workoff*.

Em suma, se a máquina não parar devido a falhas inesperadas ou avarias possuirá uma “corrida certa” com baixa geração de *Workoff*. Com a finalidade de terminar com o fornecimento incorreto à Construção (entrega da quantidade pedida com zero defeitos) e reduzir a geração de *Workoff*, é realizada uma Matriz de Causa & Efeito de forma a ordenar as causas secundárias com maior preponderância na geração de *Workoff*.

#### **4.3.2 Matriz Causa & Efeito**

A matriz causa e efeito ordena as causas potenciais que afetam características críticas da qualidade. Tipicamente nas linhas são as causas e nas colunas os efeitos. Tendo como base os valores recolhidos nas observações e as percentagens calculadas na fase de medição, foi planeada uma matriz com as causas que provocam os efeitos constituintes do indicador representante da percentagem da Geração de WO (Piso Mau Durante a Corrida e Devoluções da Construção).

Dos elementos constituintes do indicador de percentagem da geração de *Workoff*, o *setup* e o material retido não foram colocadas como efeitos, porque o *setup* é uma causa essencial para formar o aspeto final do piso visto que acerta os compostos da especificação do material, as dimensões (comprimento,



largura e peso do piso) definidas na receita, bem como o posicionamento correto das linhas de identificação. O material retido está ligado a acontecimentos fortuitos, ou seja, carros que chegam à Construção e são totalmente ou parcialmente rejeitados, com causas conetadas ao material ou a erros cometidos pelo operador.

O *Setup* consiste na preparação dos equipamentos para iniciar a produção de uma nova medida, como tal a máquina possui o seu tempo de adaptação, o ajuste da velocidade da linha e o posicionamento certo dos balanceiros, exigindo a correta interação entre máquina, computador e operador. Quanto mais demorado o *setup*, mais *Workoff* é gerado. O material retido é um procedimento para aferir o que se passou para um elevado número de pisos serem rejeitados e trabalhar em soluções para tal não acontecer de novo.

Na Figura 50 é apresentada a Matriz Causa & Efeito na qual dispõe numa escala de 1 a 9, do mais baixo ao mais elevado respetivamente, as entradas das causas secundárias consideradas pela equipa do projeto como influentes na criação de material não conforme. O esforço da eliminação da variável de entrada corresponde ao grau de dificuldade em remover a causa do processo de extrusão. A interpretação do autor foi que o nível de dificuldade estará dependente do número de variáveis envolvidas para que a causa seja efetivamente eliminada do processo.

Matriz Causa & Efeito					
9 - 8: Forte Correlação		7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação			
Índice de Importância para a Construção		9	9		
X's da Geração de Workoff		Piso Mau Durante Corrida	Devoluções da Construção	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada
X <sub>1</sub>	Falhas das Linhas Coloridas	5	8	117	baixo
X <sub>2</sub>	Falhas do Robot de Armazenamento	7	7	126	alto
X <sub>3</sub>	Encravamentos	8	5	117	alto
X <sub>4</sub>	Borracha Vulcanizada	7	9	144	alto
X <sub>5</sub>	Dimensões erradas do Piso	9	9	162	alto
X <sub>6</sub>	Piso (Colado, Esmagado, Ondulado)	5	8	117	alto
X <sub>7</sub>	Riscos e Rasgos	9	6	135	alto
X <sub>8</sub>	Não executar verificação do Piso	6	7	117	baixo
X <sub>9</sub>	Falhas dos sistemas de medição	8	7	135	alto
X <sub>10</sub>	Má interpretação da Receita	7	7	126	baixo

**Figura 50 - Matriz Causa & Efeito**

O piso mau durante a corrida corresponde à deteção de não conformidades a nível de desempenho da máquina ou do material, obrigando a que exista uma interpretação rápida do operador para rapidamente corrigir o que está a prejudicar a extrusão do piso. As causas geradoras de *Workoff* e que ocorrem com mais frequência são: as Dimensões Erradas do Piso (faz-se uma verificação do piso para perceber se está dentro dos valores pretendidos e os sistemas de medição estão a avaliar corretamente); Riscos ou Rasgos (paragem da máquina para limpar a fieira), Encravamentos (paragem da máquina devido a eventuais encravamentos nos balanceiros ou robots). A paragem da máquina durante a corrida para a resolução de problemas gera WO.

As devoluções da construção é material não conforme detetado pelo operador da Construção. Como na extrusão os pisos são armazenados nos carros sem serem controlados visualmente (no final de cada carro deve-se executar a verificação do piso no carro), é comum algumas falhas passarem despercebidas ao operador da extrusão. Tendo como base os valores recolhidos, as causas que levaram à rejeição dos operadores são: as Dimensões Erradas do Piso, a troca, falha ou posicionamento errado das Linhas Coloridas, a Borracha Vulcanizada (borracha queimada que a única forma de a eliminar do sistema produtivo é enviar para *SCRAP* (lixo)) e o Armazenamento no Carro correr mal originando o esmagamento ou colagem dos pisos impossibilitando a sua posterior utilização. As Falhas do Robot de Armazenamento obrigam a que os pisos sejam armazenados manualmente pelo operador da extrusão. Um carro contém 25 prateleiras com capacidade de armazenamento máximo por chapa de quatro pisos, o que resulta num movimento repetitivo na qual a fadiga influencia a que os pisos fiquem colados ou deformados.

#### **4.3.3 5W1H**

A ferramenta 5W1H é um método de análise aplicado para definir planos de ação, mas pode ter diversos objetivos como especificar um problema. Neste último caso, o 5W1H ajuda na descrição e decomposição das particularidades das falhas segundo uma estrutura metodológica, para identificar e organizar as principais características das causas geradoras de *Workoff*. Na Figura 51 é posta em prática esta ferramenta, seguindo uma análise sistemática baseada em perguntas para averiguação das causas principais da geração de WO definidas pela equipa do projeto.

5W1H					
Objetivo:	<i>Reduzir a quantidade de geração de Workoff</i>				
What	Who	When	Where	Why	How
O Quê?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Como?
Comprimento, Largura, ou Peso fora do especificado	Piso	Má interpretação da receita; Falha dos sistemas de medição	Na verificação Intermédia e na verificação Final	Operador não fez verificação intermédia e final; Interpretação errada; Falha da Máquina	O operador não faz verificação intermédia para aferir se as dimensões estão dentro do pretendido; O operador não faz verificação final após o armazenamento no carro estar finalizado
Borracha Vulcanizada	Piso com grumos	Borracha que aqueceu em demasia, alterando as suas propriedades químicas	Borracha que não passou pelos tanques de arrefecimento e permanece junto da extrusora mais de 10 minutos; Mau acondicionamento do WO nas mesas; WO devolvido da construção com grumos não é colocado à parte	Borracha a mais de 70º C durante mais de 10 minutos, em que vulcaniza; Desleixo no acondicionamento, incluindo na mesa material vulcanizado e pisos devolvidos da Construção	O operador não leva a borracha ao moinho; As pontas de nova produção não são abertas; Não inspeciona o material que vem da Construção
Riscos e Rasgos	Marca no material e Falha de borracha no material	Material sai da fieira/cabeçote de extrusão para o tapete rolante	Na produção do piso/medida detetada de inconformidades no material	Fieira possui sujidade/danificação que provoca obstrução da passagem do material	Borracha presa na abertura da fieira durante a extrusão; Fieira com danificações/desgaste
Falhas do Robot de Armazenamento	Robot responsável pelo armazenamento dos pisos nos carros	Robot encravou; Falha na mudança de carro	Zona de armazenamento	Pisos encravam o correto funcionamento do robot, devido a falhas na pega do mesmo; Falta de carros vazios; Falha dos sensores que mudam carros e abrem prateleiras	As garras que pegam os pisos não o fazem corretamente, caindo em locais em que encravam a máquina; Carros estão cheios ou em utilização na Construção; Abertura de prateleiras encrava
Falhas das Linhas Coloridas	Piso	Ao longo da corrida	Zona de colocação das tintas	O posicionamento dos roletes aplicadores alteram-se; Operador erra o posicionamento/troca das tintas; Embalagens das tintas acabam	Rasgos ou Grumos no material que fazem saltar os roletes; Operador não verifica posicionamento das tintas; Não se apercebe do fim da embalagem

Figura 51 - 5W1H

Aplicar o 5W1H possibilita uma estruturação e uma visão clara do defeito, permitindo a exploração de ideias para melhoria do processo de extrusão, foram incluídas as causas com maior presença nos pisos maus durante a corrida e nas devoluções da construção.

Os pisos fora de dimensões (comprimento, largura ou peso fora do especificado) são originados por falha da máquina ou do operador, na qual existem procedimentos descritos no 5W1H e que não são efetuados pelo operador. Talvez por distração ou desleixo, ainda não existe um meio de garantir o seu cumprimento em todas as medidas de produção realizadas.

A borracha vulcanizada corresponde a material que está queimado. A temperatura média que a borracha sai do cabeçote de extrusão é superior a 70 °C. As borrachas ao permanecer nesta temperatura durante, pelo menos, 20 minutos, as propriedades químicas alteram-se criando pequenos grumos. Estes grumos provocarão defeito no pneu, porque na Vulcanização como o material se encontra queimado, não sofrerá alterações e não atingirá as características finais pretendidas. Os grumos aumentarão de volume se permanecerem no sistema produtivo.

#### **4.3.4 Overall Equipment Effectiveness**

O OEE é uma taxa que representa a percentagem de utilização de todos os recursos de uma empresa para produzir com qualidade. Recorrendo ao CBDAS, o cálculo do Overall Effectiveness Equipment (OEE) foi conseguido com valores médios recolhidos como amostra.

$$\text{Tempo disponível Turno} = 8 \text{ horas} = 480 \text{ minutos}$$

$$\begin{aligned}\text{Tempo de Produção} &= \text{Tempo disponível} - \text{Tempo de Inatividade} = 480 - (25 + 50) \\ &= 405 \text{ minutos}\end{aligned}$$

O tempo de Inatividade corresponde à soma do tempo planeado para manutenção com o tempo planeado para desenvolvimento de novos produtos, apresentados respetivamente por esta ordem na fórmula. Testes e manutenções preventivas são executados com frequência, para desenvolver novos produtos e precaver o correto funcionamento da extrusora.

$$\begin{aligned}\text{Tempo de Operação da Máquina} &= \text{Tempo de Produção} - \text{Perda de Tempo de Inatividade} \\ &= 405 - 100 = 305 \text{ minutos}\end{aligned}$$

A perda tempo de inatividade é o tempo gasto em *setups*. O *setup* executado em todas as medidas ocupa tempo de operação da máquina e contribui para o aumento da quantidade de *Workoff*. Foi estimado que por turno, o número médio de *setups* é de 17 mudanças com uma duração de cinco minutos e uma média de 20 pisos rejeitados no final e início de nova medida de produção.

$$\text{Tempo de Operação Líquida} = \text{Tempo de Operação da Máquina} - \text{Perdas de Velocidade da Linha} \\ = 305 - 45 = 260 \text{ minutos}$$

As perdas de velocidade de linha correspondem à cadência do processo e redução da eficiência do equipamento, resultantes de pequenas paragens e reduções da velocidade da linha.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação da Máquina}}{\text{Tempo de Produção}} \times 100 = \frac{305}{405} \times 100 = 75,3 \%$$

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de Operação Líquida}}{\text{Tempo de Operação Máquina}} \times 100 = \frac{260}{305} \times 100 = 85,2 \%$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Nº de peças boas}}{\text{Nº de peças produzidas}} \times 100 = \frac{4055}{4468} \times 100 = 90,8 \%$$

A disponibilidade é o tempo planeado em que o equipamento está pronto para produção, a performance inclui todos os fatores que influenciam a produção a funcionar abaixo da velocidade máxima possível e a qualidade mede a percentagem de produtos que possuem a qualidade mínima desejada.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} = 0,753 \times 0,852 \times 0,908 \approx 58 \%$$

O valor do OEE calculado representa baixa competitividade, longe do valor de excelência que é os 85%, mas indica que há espaço para melhorias. A complexidade do sistema produtivo e as paragens da máquina têm influência no valor de OEE e na geração de *Workoff*.

#### **4.4 Fase de Melhoria**

Nesta fase serão apresentadas as propostas de melhoria que foram projetadas para resolver os problemas que influenciam a geração de *Workoff*, considerando os resultados da fase de análise. O desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria, permitirá criar soluções com o intuito de melhorar o processo de extrusão, para reduzir as causas que contribuem para a criação de material não conforme e dessa forma aumentar a eficiência das extrusoras e módulos de construção.

Esta secção apresenta uma descrição das melhorias implementadas no processo de reaproveitamento de *Workoff*, na diminuição da geração de WO durante a corrida e a redução das quantidades devolvidas pela Construção. A última parte deste subcapítulo é dedicada à descrição de algumas sugestões de melhoria não implementadas.

#### **4.4.1 Manual de Boas Práticas de Acondicionamento de *Workoff***

As dificuldades de reaproveitamento pela parte da Misturação, motivaram o Departamento II – Preparação a Quente a desenvolver um manual de boas práticas. O *Workoff* quando gerado é colocado em mesas para posteriormente ser reprocessado, mas não existiam instruções para mostrar como realmente deve ser acondicionado. Na Figura 52 vê-se que a comparação com imagens é acompanhada com alguns tópicos, referindo o que deve conter uma mesa para ficar bem acondicionada e as más práticas que são constatadas frequentemente.

O autor questionou os operadores da Misturação sobre o que dificultava as suas tarefas no reaproveitamento do WO, sendo a mais enumerada a questão do peso e o número de pisos agrupados numa só unidade. Como tal, foi estabelecido o número de pisos máximo que uma unidade pode conter, para que dessa forma o peso seja suportável para o número de repetições de levantamento das unidades durante o turno e facilitar a visualização da existência de materiais estranhos ou borracha vulcanizada.


Como as mesas de *Workoff* são transportadas de elevador para a Misturação para serem reprocessadas, foi projetada a estrutura das mesas e como as unidades de WO devem ser acondicionadas. Deve possuir a altura máxima de 90 cm, colocação de *liners* (pano) e existir espaço entre as unidades para estas não colarem, visto que colam com facilidade e exigirá ao operador da Misturação esforço e tempo perdido para descolar e conseguir pegar nas unidades para colocar na carga de produção de novo composto.

Manual de Boas Práticas | Workoff Continental

### 3 Acondicionamento de pisos

✖

#### MÁS PRÁTICAS



- ❌ Demasiados pisos num conjunto que ultrapassam o peso limite de 12kg;
- ❌ As diferentes camadas estão mal acondicionadas.



- ❌ Não existe espaço entre pisos;
- ❌ Risco de contaminação.


✔

#### BOAS PRÁTICAS



**Unidade:**

- ✔ Peso Limite: 12kg (aproximadamente 4 pisos);
- ✔ Não exceder mais de 4 pisos por conjunto;
- ✔ Não colocar pisos com grumos;
- ✔ Não colocar pisos com material estranho.



**Mesas:**

- ✔ Separar cada camada de Workoff com liners;
- ✔ Garantir distância entre pisos para não colarem entre si;
- ✔ Altura Limite: 80 a 90 cm;
- ✔ Não colocar borracha removida na limpeza do cabeçote da extrusora (fieira, pré-fieira);
- ✔ Colocar a identificação do composto, data e turno.

8
9

**Figura 52 - Más práticas e Boas práticas no Acondicionamento de WO**

A entrega do manual de boas práticas foi feita juntamente com uma formação para informar os operadores da importância da implementação destas práticas na redução de desperdícios e seguir os procedimentos presentes no manual, estabelecidos como influentes no combate a más práticas que provocam material não conforme. Alguns procedimentos que serão descritos de seguida, irão ajudar a eliminar a quantidade de material vulcanizado existente na empresa, uma das maiores causas geradoras de *Workoff* e que foi dado o maior enfoque no manual.

#### **4.4.2 Borracha Vulcanizada (Grumos)**

Quando há uma mudança de uma nova medida de produção, a ponta de início que sai do cabeçote de extrusão é enrolada para conseguir que o material percorra os tapetes rolantes com declives acentuados, passar pelos balanceiros para prender o material e prosseguir para início de produção de novo piso. Quando chega a lâmina de corte, a ponta é cortada pelo operador com uma faca e acondicionada nas mesas de WO correspondente. Na Figura 53 visualiza-se a ponta enrolada com



quatro voltas e acondicionada na mesa, no qual o seu interior está a mais de 70° C durante bastante tempo, sendo o seu efeito a geração de material vulcanizado.

## 5 Temperatura do Workoff



### MÁS PRÁTICAS



Pontas de pisos e paredes armazenadas com temperatura elevada.

12

**Figura 53 - Ponta enrolada de início de nova produção**

O procedimento definido como boa prática para diminuir a quantidade de borracha vulcanizada originária da ponta é a sua abertura para arrefecer. Sempre que exista uma mudança de medida, a ponta deve ser aberta para deixar arrefecer e dessa forma não vulcanizar. Após o período de tempo considerado como suficiente para atingir a temperatura desejada (20 minutos), o operador deve acondicionar a ponta na mesa de WO correspondente. Na Figura 54 é apresentado o procedimento descrito e incluído no manual de boas práticas.

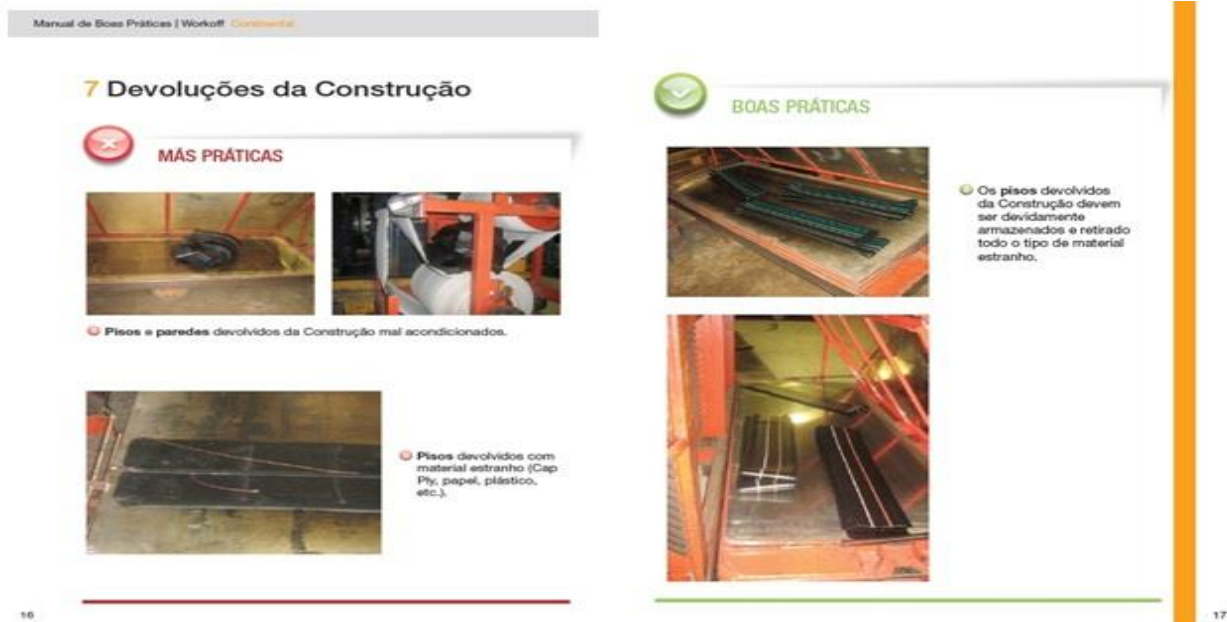




13

**Figura 54 - Boa prática no acondicionamento das Pontas**

As devoluções da construção nem sempre vêm nas melhores condições, com pisos mal acondicionados, com material estranho e com borracha vulcanizada. O mau acondicionamento nos carros devolvidos exige ao operador da extrusão, tempo perdido para descolar pisos e torna-se difícil visualizar quais as causas para o material ter sido devolvido. Na Figura 55 é apresentado como o *Workoff* deve ser devolvido da Construção.



16

17

**Figura 55 - Más e Boas práticas no WO devolvido da Construção**

O operador da Construção ao enviar o *Workoff* bem acondicionado no carro, está a garantir que o trabalho do operador da extrusão é facilitado no acondicionamento nas mesas. É necessário que o operador da extrusão proceda à averiguação dos pisos devolvidos, se possuem borracha vulcanizada ou material estranho. Os operadores da Construção e da Extrusão, ao detetarem a presença de borracha vulcanizada, têm que eliminar o grumo do sistema produtivo. O procedimento estabelecido como melhor forma de o conseguir é representado na Figura 56.



**Figura 56 - Procedimento a executar quando detetado Borracha Vulcanizada**

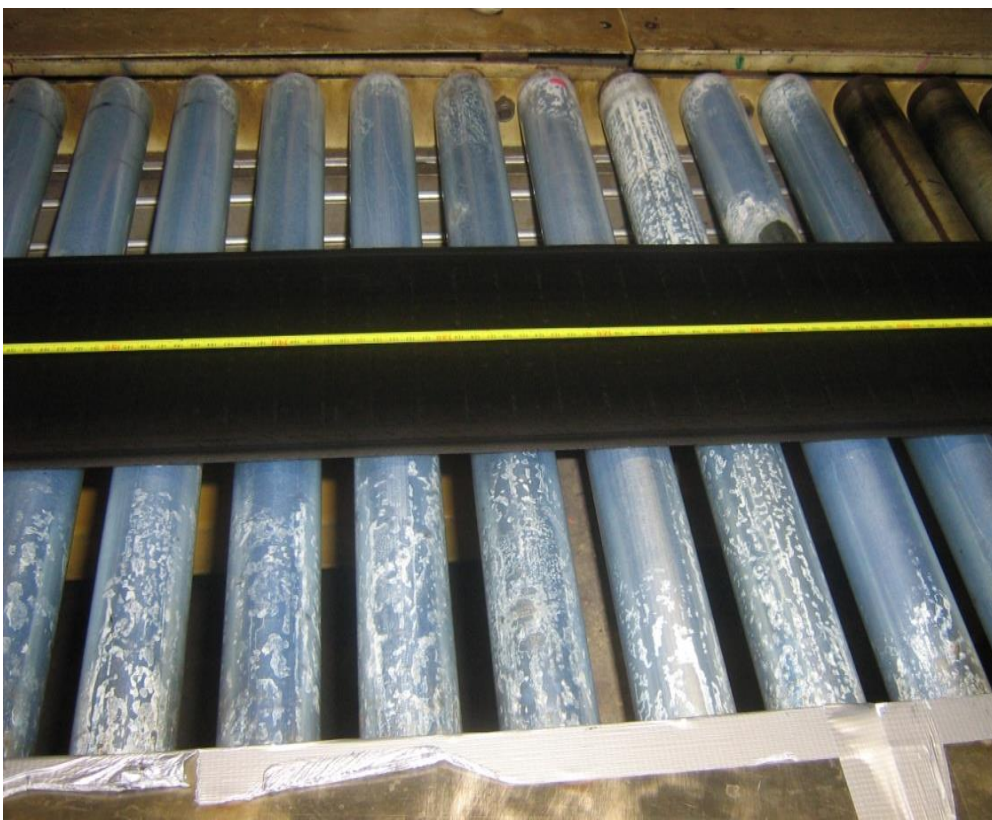
Os carros devolvidos têm de ser inspecionados para garantir que pisos com grumos não são acondicionados nas mesas. De acordo com os valores recolhidos, a presença de borracha vulcanizada é encontrada na Construção. Como tal, o operador da extrusão deve avaliar sempre o que é devolvido e cortar o grumo se existir, enviando logo para *SCRAP*. Se o grumo permanecer no sistema produtivo irá aumentar de volume e continuar a gerar mais material não conforme, dado que o *Workoff* reprocessado irá criar compostos com borracha vulcanizada.

#### **4.4.3 Dimensões do Piso**

Uma das causas que geram WO durante as corridas e na Construção são as dimensões erradas. Foram definidos procedimentos apresentados na formação, para que os erros nas medições efetuadas pelos operadores sejam minimizados. O operador executa verificações durante a corrida e no final da

corrida. A observação efetuada pelo autor junto do processo de extrusão permite afirmar que diferentes operadores executam diferentes avaliações. Com o propósito de tornar num procedimento *standard*, são descritas práticas que irão ajudar à redução da geração de *Workoff*.

O operador durante a corrida deve executar uma verificação intermédia para aferir se o piso contém as dimensões pretendidas e se os sistemas de medição estão a funcionar corretamente. Esta verificação é executada mas os operadores fazem-na em locais diferentes. Alguns fazem na banca, outros no tapete rolante. Como o piso é um material com propriedades químicas, a simples mudança do tapete para a banca, altera o seu aspeto e formato pretendido. A Figura 57 representa o local em que os operadores devem fazer a verificação intermédia, ou seja, no tapete rolante.



**Figura 57 - Verificação Intermédia das Dimensões do Piso**

Normalmente, os operadores após executarem a verificação intermédia, acondicionam o piso medido como *Workoff*. O piso está bom e não deve ser logo rejeitado. Vai ser recomendado que o operador espere que o carro esteja finalizado e visualize se existe espaço de armazenamento para aproveitar um piso que está com as dimensões pretendidas. Por exemplo, se num turno existirem 17 mudanças de medida em que o operador faz duas verificações intermédias por corrida, 34 pisos são considerados *Workoff*, o que em aspetos de quantidade criada reflete num final de dia produtivo à volta de 500 quilos gerados devido à verificação intermédia.

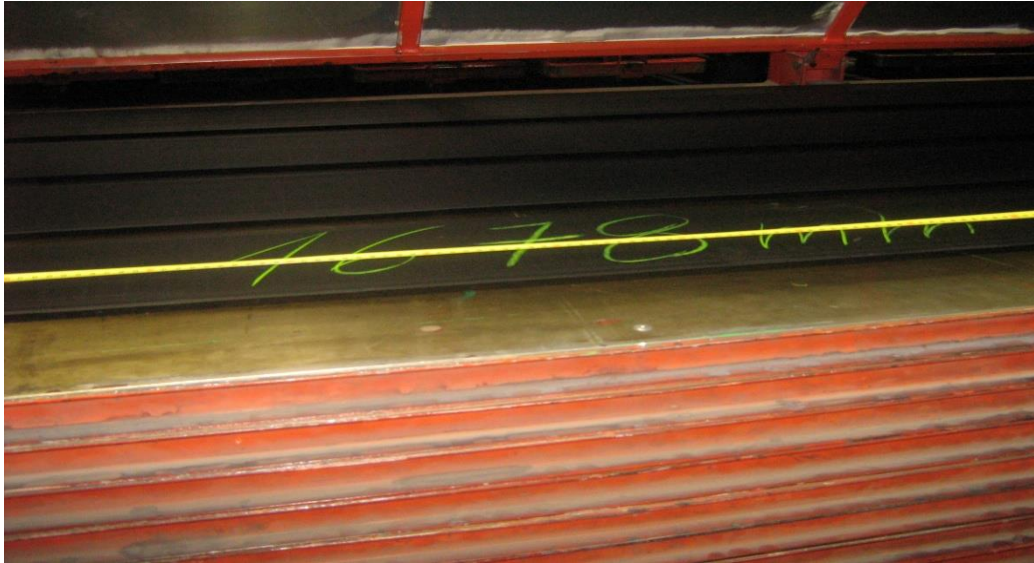
A verificação intermédia exige ao operador que executa a avaliação, o conhecimento sobre o que está a ser produzido no momento, relativo ao comprimento, tolerâncias, composto de capa em que o WO gerado deve ser acondicionado. Nem sempre o operador que faz esta verificação tem o conhecimento destes valores por confusão ou desconhecimento, obrigando-o a movimentar-se junto do primeiro operador, local onde se encontram os dados da receita, para confirmar algo que queira saber. Na Figura 58 é apresentado o monitor que existe junto da extrusora E03, exemplificando o que faz falta nas restantes extrusoras, um monitor que permita informar o operador no momento da verificação intermédia sem ter que realizar movimentações.



**Figura 58 - Monitor E03 com dados da receita**

Outra verificação que tem de ser executada é a final. No final de produção de cada carro, o operador da extrusão deve medir os pisos da última prateleira, visualizar o aspeto dos pisos para aferir a qualidade do material e preencher uma folha de controlo. Este procedimento não é sempre executado pelo operador, apesar de preencher as folhas de controlo. A Figura 59 representa o novo procedimento, a garantia de como os carros foram controlados, ao escrever no piso o comprimento medido pelo operador com um lápis de cera que não prejudica o material e garante ao operador da Construção e Supervisor da Extrusão que os valores escritos no piso e folha de controlo estão certos, que os pisos foram realmente medidos e verificados.



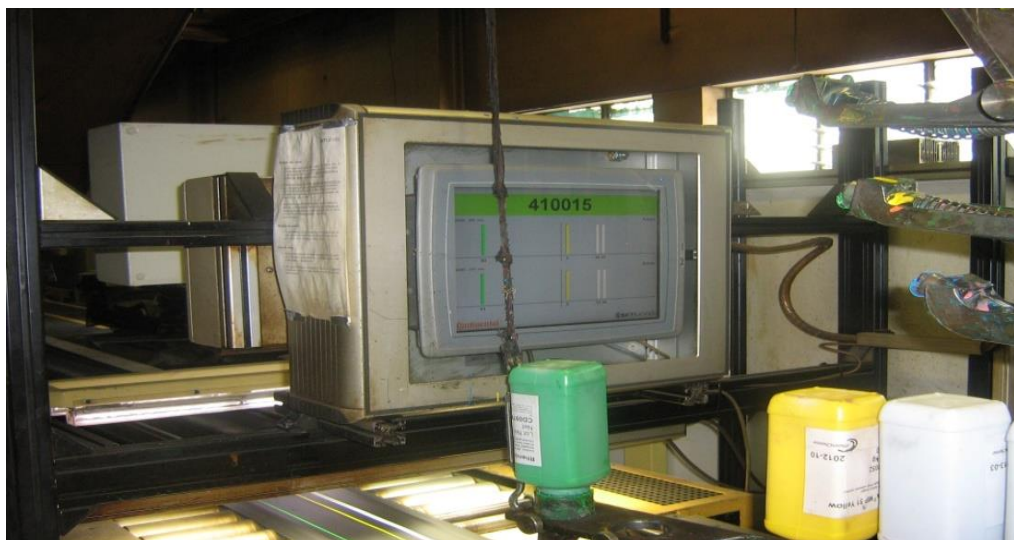


**Figura 59 - Verificação Final com o comprimento escrito**

Dado os metros quadrados que a fábrica possui, não é exequível um controlo presencial e frequente do processo de extrusão. O desenvolvimento destes procedimentos, têm o intuito de *standardizar* o trabalho dos operadores e conseguir de alguma forma fazer perceber que a rotina permite tornar o processo mais robusto.

#### **4.4.4 Linhas Coloridas**

As linhas coloridas são utilizadas como identificação, sendo um requisito de todos os clientes. A troca, posicionamento ou cor errada, leva a rejeição pela parte do cliente. Para ajudar os operadores na deteção antecipada de inconformidades, foi desenvolvido pela Continental um sistema de medição, representado na Figura 60, na qual quando o posicionamento das linhas estão erradas, liberta um sinal sonoro para o operador corrigir.



**Figura 60 - Sistema de medição das linhas de identificação**

É expetável que com a implementação deste sistema de medição, o número de geração de WO criado por erros conectados às tintas de identificação dos pisos seja reduzido. Este sistema só está instalado na extrusora E05 e em fase de testes. O sistema faz a leitura do posicionamento atual e compara à base de dados de receita teóricos. As primeiras impressões têm sido positivas, visto que este auxílio foca-se nas linhas coloridas, permitindo ao operador da extrusora espaço de manobra para tratar de outras tarefas constituintes do processo.

#### **4.4.5 Encravamentos**

Os encravamentos correspondem a locais em que a borracha não consegue passar, devido a falhas dos balanceiros ou da lâmina de corte. Como a extrusora possui distâncias longas torna-se difícil ao operador detetar atempadamente um problema na máquina. Na Figura 61 visualiza-se o local de trabalho do 1º operador da E06 com a utilização de câmaras. A transmissão em direto da passagem do material permite visualizar o funcionamento e detetar eventuais falhas no imediato.



**Figura 61 - Câmaras para auxiliar o operador a detetar problemas**

As câmaras representadas na Figura 61 ainda não estão instaladas em todas as extrusoras. A presença destas câmaras ajuda a detetar problemas e torna o posto de trabalho do operador completo. A proximidade ao cabeçote de extrusão juntamente com o auxílio visual das câmaras permite ao 1º operador a capacidade de, a partir desta posição, avaliar o material que sai da fieira (riscos, rebentamento da borracha, borracha vulcanizada) e o funcionamento da máquina (encravamento, falhas do robot de armazenamento).

#### **4.4.6 Outras sugestões de melhoria não implementadas**

Esta seção apresenta sugestões de melhoria que durante o projeto não foram possíveis de implementar.

##### **4.4.6.1 Detecção de Riscos e Borracha Vulcanizada durante a corrida**

Durante a corrida, o operador da extrusão não retira pisos com riscos ou com borracha vulcanizada, dado que não consegue detetar o problema antes do armazenamento nos carros. Segundo os valores da medição WID, há momentos em que o operador não está a executar nenhuma tarefa. Na Figura 62 é sugerido um local para que um dos dois ajudantes de extrusão, possa permanecer em espaços de tempo em que esteja à espera que surja alguma função para ser desempenhada, e nesse momento avaliar os pisos que vão percorrendo os tapetes rolantes para armazenamento. Se detetar alguma inconformidade, rejeita o piso e é garantido um controlo de qualidade que fará com que o piso que posteriormente iria ser rejeitado na Construção seja rejeitado logo na fonte, evitando assim tempo perdido na Construção por falta de pisos conformes e transporte de material não conforme.



**Figura 62 - Local para o operador executar o controlo de qualidade**

##### **4.4.6.2 Pisos mal armazenado devido a falhas do robot**

Quando o robot de armazenamento falha, o operador tem que colocar os pisos manualmente. Como são 25 prateleiras, a fadiga começa a acentuar-se nas últimas chapas na qual os pisos ficam colados e tortos. A altura das últimas prateleiras dificulta a colocação dos pisos nos carros. Para tentar minimizar estas falhas, a Figura 63 apresenta uma proposta de alteração nos carros para ajudar o operador a armazenar os pisos no carro.





**Figura 63 – Proposta de alteração nos carros**

O operador nas últimas prateleiras começa a lançar os pisos para os colocar na zona mais distante ao local em que se encontra. Obriga a uma elevação e posterior lançamento, o que devido ao desgaste da colocação de uma elevada quantidade influencia a geração de WO. A alteração nos carros, assinalada a amarelo na Figura 63, permitirá ao operador colocar-se numa posição mais elevada e posicionar os pisos com mais facilidade. O armazenamento manual deverá ser efetuado por dois operadores, em que um ficará responsável por fechar prateleiras e o segundo colocará os pisos no carro. Deverão trocar de função no final do armazenamento de um carro.

Além da colocação dos pisos, esta alteração permitirá equilibrar o carro para o operador executar a verificação final. Como visível na figura 63, existe duas rodas no centro e duas rodas com um diâmetro menor nas pontas. Com as aberturas sugeridas, o operador ao posicionar-se no carro irá criar um ponto de equilíbrio, o declive na verificação não será tão acentuado e o controlo será preciso. Os operadores já se posicionam no carro mas devido a não existir um espaço para a colocação dos pés, é mais propício a quedas.

#### **4.5 Fase de Controlo**

Após a implementação das ações de melhoria na fase anterior, é garantido o acompanhamento por um certo período de tempo das ações, para assegurar que os processos não se desviam dos padrões definidos. A passagem por esta fase permite o controlo e estabilização do processo.

Com esta fase, o impacto e eficácias das melhorias são avaliadas, problemas ocorridos com as ações são detetados através da monitorização contínua do processo.



#### 4.5.1 Impacto e Eficácia das Melhorias

Para avaliar o impacto das ações de melhoria, foi comparado o nível sigma inicial com o atual. A fase de implementação das ações corretivas terminou no início de junho 2013, sendo que os novos dados para a medição do desempenho atual foram recolhidos no mês de julho de 2013 até setembro de 2013.

Na fase de medição, o valor do sigma medido foi de 3.05, calculado no final do mês de março de 2013. O valor estabelecido como meta nessa fase foi de 3.38, ou seja, o número de defeitos produzidos para o mesmo número de oportunidades (393172) passariam a metade (de 23748 defeitos para 11874).

Foram registadas 447653 oportunidades de produção, na qual o valor de pisos não conforme contabilizados para a Construção do “Pneu Cru” foi de 15631 unidades. Na Figura 64 é apresentado o valor do sigma atual através da calculadora *isixsigma*.

The image shows a web-based 'SIGMA CALCULATOR' interface. At the top, it says 'Enter your process opportunities and defects and press the "Calculate" button.' Below this, there is a 'Switch To:' button set to 'Advanced'. The input fields show 'Opportunities' as 447653 and 'Defects' as 15631. A 'Calculate' button is positioned below these inputs. The results section, titled 'Results', displays the following values: DPMO (34918), Defects (%) (3.49), Yield (%) (96.51), and Process Sigma (3.31). At the bottom, there is a link 'Report A Problem / Make A Suggestion' and a footer that says 'provided by Six Sigma' with a logo.

Results	
DPMO	34918
Defects (%)	3.49
Yield (%)	96.51
Process Sigma	3.31

**Figura 64- Sigma Atual setembro 2013**

O nível atual do sigma é de 3.31 revelando-se um valor próximo do estabelecido como meta (3.38) e uma redução de aproximadamente de 40% da percentagem de defeituosos (6% para 3,5%). Denotando que o número de valores recolhidos de julho é superior aos de março, indica que as ações de melhoria tiveram influência no correto fornecimento da Construção, visto que houve uma diminuição próxima dos 8000 pisos não conformes.

Apesar de não se atingir o valor meta, considera-se os resultados positivos, concluindo-se que as ações implementadas foram eficazes e que vários objetivos foram atingidos, como a diminuição da

quantidade de *Workoff* dado a redução do número de devoluções da Construção e um aumento das quantidades produzidas pela Construção.

#### **4.5.2 Problemas Ocorridos na fase de Controlo**

Não se constatou problemas consideráveis ou inesperados no cumprimento dos novos procedimentos estabelecidos, visto que não exigiu a aquisição de novas competências dos operadores mas sim em mudanças de rotinas de trabalho.

Com a entrega do manual de boas práticas, os operadores foram estimulados a prosseguir as indicações dadas visto que estariam a contribuir para o correto funcionamento do processo de extrusão. Sendo a Continental uma empresa com condições de trabalho invejáveis em Portugal e dada a conjuntura atual do mercado de trabalho, os operadores colocaram em mente a necessidade de diminuir os custos relacionados com a qualidade e para dessa forma a Mabor continuar como a melhor empresa no seio do grupo Continental. Portanto, a aceitação da maioria dos operadores foi positiva, existindo alguns operadores reticentes nos novos procedimentos de trabalho mas concluíram que as ações implementadas iriam facilitar o decorrer das tarefas produtivas e potenciar o correto funcionamento do processo.

#### **4.5.3 Monitorização do Processo**

Com a entrega do manual, conseguiu-se estabelecer responsabilidades em alguns procedimentos e dessa forma constatar quando algum interveniente não cumpriu a sua parte.

Como tal, foi pedido aos operadores da Misturação, Extrusão e Construção que quando detetarem que algo não foi realizado de modo a cumprir as práticas e procedimentos, avisar o supervisor de turno para entender se foi um caso isolado. Para além do referido, é pedido aos supervisores para semanalmente verificar se os operadores do seu turno estão a seguir as diretrizes definidas.

Em reuniões semanais sobre o *Workoff*, os departamentos pertencentes à Administração Industrial avaliarão a evolução semanal da quantidade de geração de *Workoff* e perceberão quais as ações que devem ser tomadas pelos seus departamentos para o correto funcionamento do processo de extrusão.

## 5. Conclusão

Conclui-se que foram alcançados os objetivos inicialmente estipulados para a análise e melhoria do processo de extrusão.

Para o entendimento do processo de extrusão, a observação foi essencial para perceber como é executada a extrusão de um piso e detetar dúvidas de algumas práticas e procedimentos executados pelos operadores.

Após a compreensão do processo, foram recolhidos dados para quantificar as causas que contribuem para a geração de *Workoff*. A recolha de dados consistiu em acompanhar corridas de várias medidas de produção, anotando a causa que levaram os sistemas de medição ou o operador a rejeitar o piso, bem como a quantidade gerada durante o *setup*. Esta recolha permitiu afirmar que durante a corrida, as causas que mais ocorrem são os riscos e os pisos com dimensões erradas. O *setup* foi contabilizado, disponibilizando dados relativamente se uma troca de composto por outro tem influência no número de *Workoff* produzido. As devoluções de pisos não conformes foram registadas pelos operadores da Construção, quantificando como causas principais a borracha vulcanizada, o comprimento errado, o piso esmagado no carro e as linhas coloridas erradas ou trocadas.

Após a análise dos dados medidos, o autor focou-se no desenvolvimento de propostas de melhoria sobre as causas identificadas. Através do manual de boas práticas, estabeleceu-se procedimentos e constatou-se práticas erradas que na ótica do operador estavam corretas na rotina diária de trabalho. O manual foi entregue aos colaboradores juntamente com uma formação, os procedimentos foram apresentados através de uma explicação para dessa forma sensibilizar os operadores a seguir essas práticas designadas como boas e reduzir a geração de *Workoff*. As propostas de melhoria tentam combater os sete desperdícios enumerados por Ohno, através da redução de atividades que não acrescentam valor ao produto e com isso potenciar o correto funcionamento do processo de extrusão.

O nível sigma atual de 3.31 reflete numa evolução do desempenho do processo para aproximadamente 97%. Esta redução do número de defeitos para 40% no abastecimento da Construção revela impacto no valor do sigma inicial de 3.05, mas conseguir que 40% do WO gerado fosse reduzido foi um exercício difícil que exigiu esforço e o envolvimento de todos para conseguir que menos material não conforme fosse criado. A melhoria no processo de extrusão foi alcançada, visto que o sigma de 3.31 revela que a percentagem de defeitos reduziu (6% para 3,5%), influenciando em menos tempo perdido por falta de pisos na Construção, menos quantidade de *Workoff* em *stock*, mais eficiência das extrusoras e módulos de construção, e uma redução de custos.

A análise e melhoria do processo de extrusão recorrendo ao *Lean Six Sigma* foi eficaz, pois sem esta metodologia e ferramentas o autor está convicto que os resultados seriam menos bons. As ferramentas que o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma* dispõem foram proeminentes para o sucesso do projeto.

Foram respondidas as questões da investigação. O LSS apesar de possuir um formalismo e requerer uma equipa, pode neste caso gerar resultados que levam a uma redução para quase metade neste tipo de problema estudado.

## **5.1 Trabalho Futuro**

Os valores da observação WID apresentam informação relativa aos postos de trabalho, existindo momentos em que os operadores não executam qualquer tipo de tarefa e quando as executam, na sua maioria, não acrescentam valor ao produto. Dessa forma, deverá ser estudado um meio informático ou visual que permita ao operador executar um controlo de qualidade do piso que é armazenado, para garantir que *Workoff* é rejeitado na fonte e evitar o incorreto fornecimento da Construção.

A equipa de controlo de *Workoff* não dispõe de um espaço físico para armazenar todas as mesas de *Workoff* geradas, o que resulta em mesas dispersas pelos corredores onde diariamente passam carros que transportam pisos, cassetes, telas, etc.. Esta dispersão de mesas pode gerar esquecimento da existência das mesmas, bem como a contaminação dos pisos não conformes que serão reaproveitadas na Misturação. O autor durante o projeto tentou explorar um espaço capaz de armazenar as mesas existentes, mas devido ao projeto de expansão que decorre não foi possível escolher um local, visto que novas extrusoras serão instaladas. A sugestão passará por encontrar um local no futuro que seja próximo a todas as extrusora e com capacidade de armazenamento para as quantidades de mesas existentes. Além do referido, não existe um meio de pesar as mesas de *Workoff* junto das extrusoras. Existem empilhadores que executam uma pesagem no momento, mas o seu custo é elevado. Como a pesagem de inventário diário de WO é executado através de uma estimativa visual, deverá ser pensado num meio para que essa pesagem seja precisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul-Kader, W., Ganjavi, O., & Solaiman, A. (2010). An integrated model for optimisation of production and quality costs. *International Journal of Production Research*, 48(24), 7357-7370.
- Antony, J., Escamilla, J. L. & Caine, P. (2003). Lean sigma. *Manufacturing Engineer*, April.
- Arnheiter, E. D. & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and six sigma. *The TQM Magazine*, Vol. 17 N°.1, 5-18.
- Arumugam, V., Antony, J., & Douglas, A. (2012). Observation: A Lean tool for improving the effectiveness of Lean Six Sigma. *TQM Journal*, 24(3), 275-287.
- Barros, J. F., & Lima, G. B. (2009). A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização. *V Congresso nacional de excelência em gestão*, Rio de Janeiro
- Bendell, T. (2006). A review and comparison of six sigma and the lean organisations". *The TQM Magazine*, Vol. 18 N° 3, 255-62.
- Chakrabarty, A., & Tan, K. C. (2007). The current state of six sigma application in services. *Managing Service Quality*, 17(2), 194-208.
- Continental AG. (2013). Continental AG. Alemanha.
- Continental. (2013). Intranet Continental Mabor. Lousado, Portugal.
- Continental Mabor. (2013). Continental Mabor. Lousado, Portugal.
- Earley, T. (2011). *Lean Thinking, Lean Principles*. Data de acesso: 13 de Julho de 2013, de Lean Manufacturing Tools: <http://leanmanufacturingtools.org/39/lean-thinking-lean-principles>
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. McGraw-Hill.
- GoLeanSixSigma (2013). *"What is Lean Six Sigma?"*. Data de acesso: 16 de Julho de 2013, The basics of Lean Six Sigma: <http://www.goleansixsigma.com/what-is-lean-six-sigma>
- Hardeman, C., & Goethals, P. L. (2011). A case study: Applying lean Six Sigma concepts to design a more efficient airfoil extrusion shimming process. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 6(3), 173-196.
- Harrison, J. (2006). Six sigma vs lean manufacturing: wich is right for your company?. *Foundry Management & Technology*, Vol. 134 N° 7.
- Hayes, B. J. (2000). *"Assessing for lean six sigma implementation and success"*. Data de Acesso: 10 de Julho 2013, Six Sigma Advantage: <http://software.isixsigma.com/>
- Higgins, K.T. (2005). Lean builds steam. *Food Engineering: The Magazine for Operations and Manufacturing Management*.

- Kumar, M., Antony, Jiju, Antony, F. J., & Madu, C. N. (2007). Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: a case study. *Online*, (November 2006), 849-866.
- Lean Sigma Institute (2013). "*Lean Six Sigma DMAIC Integration Model*". Data de acesso: 25 de Julho de 2013, Lean Sigma Institute: [http://www.leansigmainstitute.com/leansigma/index\\_leansigma.shtml](http://www.leansigmainstitute.com/leansigma/index_leansigma.shtml)
- Lima, F. (2009). *As sete categorias de desperdício (MUDA)*. Data de acesso: 13 de Julho de 2013, de Expresso GQ: <http://expressogq.blogspot.com/2009/11/as-sete-categorias-de-desperdicio-muda.html>
- Lins, Bernardo E. (1993). "Ferramentas Básicas da Qualidade". *Ciência da Informação*, 22 (2), 153-161.
- Manske, M. (2009). *Pareto Chart*. Data de acesso: 1 de Agosto de 2013, de Wikipedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto\\_chart](http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_chart)
- Marshall, Junior, Isnard, et al (2008). *Gestão da qualidade*. 9ª Ed. Rio de Janeiro, FGV.
- Nakajima, S. (1989). Introduction to TPM. *Cambridge: Productivity Press*.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. *Portland: Productivity Press*.
- McClusky, R. (2000). The Rise, fall, and revival of six sigma. *Measuring Business Excellence*, 4 (2), 6–17.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. *Portland: Productivity, Inc*.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance. *Quality Progress* (Vol. 34, pp. 120-120). McGraw-Hill Professional.
- Pessoa, G. (2007). *Série de ferramentas de gestão: Diagrama de Causa Efeito*. Data de acesso: 2 de Agosto de 2013, Gestão Empresarial: [http://gerisval.blogspot.pt/2010/12/serie-ferramentas-de-gestao-diagrama-de\\_31.html](http://gerisval.blogspot.pt/2010/12/serie-ferramentas-de-gestao-diagrama-de_31.html)
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro. *Comunidade Lean Thinking*.
- Pyzdek, T. (2000). "Six Sigma and lean production". *Quality Digest*, January.
- Sá, J. C., Carvalho, J. D., & Sousa, R. M. (2011). Waste Identification Diagrams.
- Santos, A. (2010). *Controlo e monitorização da eficiência de uma linha de montagem*. Universidade de Aveiro, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Aveiro.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). Research Methods for Business Students. *Harlow: Pearson Education*.

- Sharma, U. (2003). Implementing lean principles with the Six Sigma advantage: how a battery company realized significant improvements. *Journal of Organizational Excellence*, Vol. 22 No. 3, 43-52.
- Sheridan, J.H. (2000). 'Lean Sigma' synergy. *Industry Week*, Vol. 249 No. 17, 81-2.
- Sousa, R. (2011). *Melhoria do processo de extrusão na indústria dos pneus*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Departamento de Produção e Sistemas, Guimarães.
- Vasconcelos J. Andres (2005). Quality Assurance for the food industry: *A practical approach [Livro]*. - [s.l.] : CRC PRESS.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine That Changed The World. *New York: Scribner*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. *Revised and Update. New York: Free Pass*.
- Wyper, B., Harrison, A. (2000). Deployment of six sigma methodology in human resource function: a case study. *Total Quality Management and Business Excellence* 11 (4 and 5), S720–S727.

## **ANEXOS**



## Anexo I – Política da Continental Mabor



Continental Mabor  
Indústria de Pneus, S.A.

### Política da Empresa

A política da Continental Mabor assenta na sua Visão

Ser **LIDER**

Lousado eficiente,  
Inova e antecipa as necessidades dos clientes,  
Desenvolve produtos de alta tecnologia,  
Excelente no conhecimento e nos processos,  
Rentável de forma sustentada

e na nossa prática diária dos valores do Grupo Continental

#### Confiança

- Confiança em si próprio e nos outros
- Foco nas expectativas dos stakeholders
- Integridade
- Empatia
- Respeito

#### Paixão por Vencer

- Espírito empreendedor
- Excelência na qualidade
- Eficácia
- Empenho
- Equidade
- Aprendizagem contínua

#### Uns pelos Outros

- Respeito pela diversidade
- Partilha de experiências e conhecimentos
- Orgulho em ser Continental
- Coesão
- União de forças
- Espírito de equipa
- Comunicação em rede

#### Liberdade para Agir

- Responsabilidade
- Atitude inovadora
- Foco nos valores
- Sustentabilidade
- Mentalidade aberta

#### THE BASICS



#### São ainda nossos compromissos:

Cumprir a **legislação** em vigor e outros **requisitos** aplicáveis

Assumir as **responsabilidades sociais**

Promover a **saúde e a segurança** no trabalho

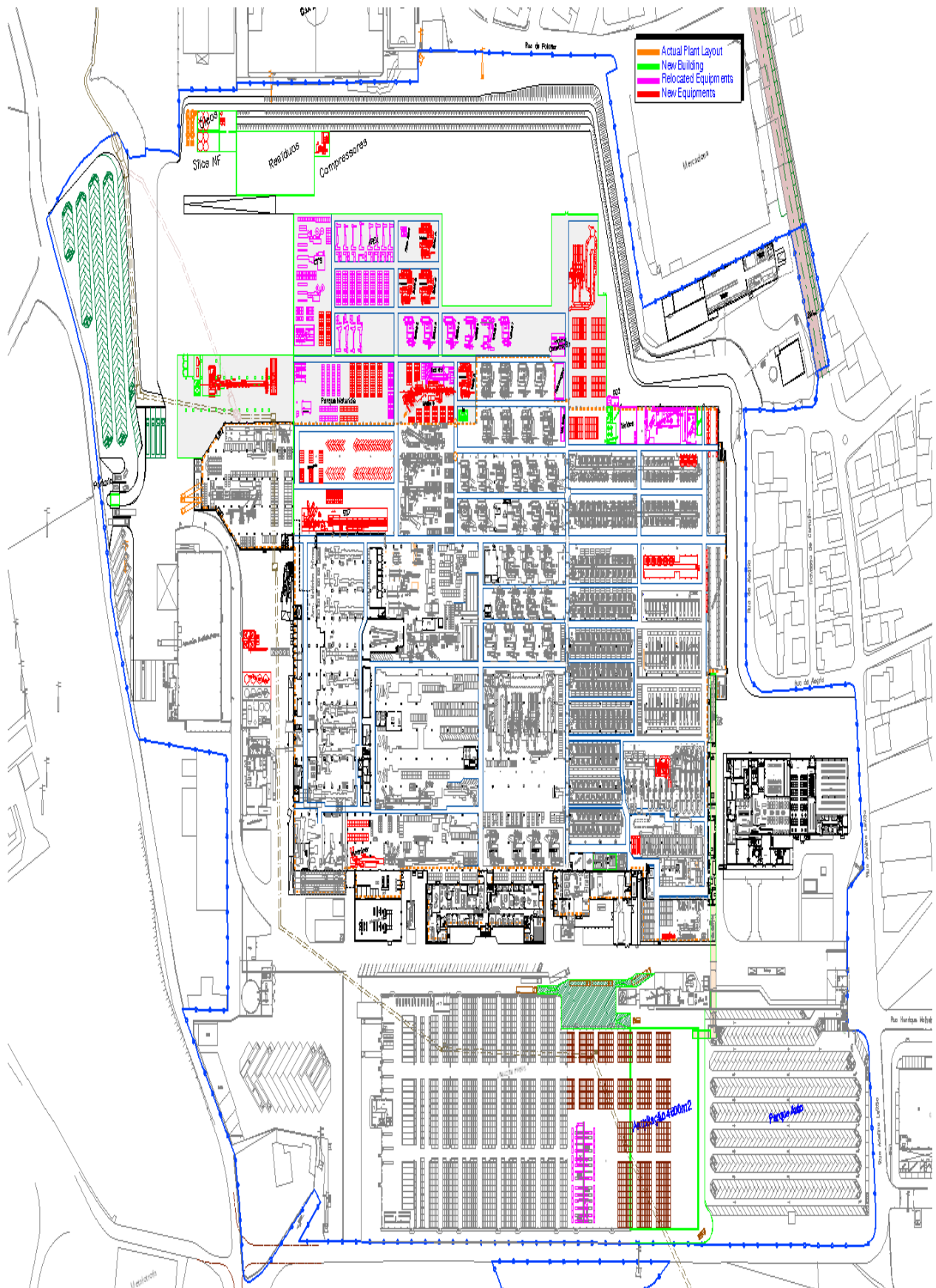
Prevenir e **controlar a poluição**

Usar racionalmente os **recursos naturais**

Utilizar a **melhor tecnologia disponível**

Intensificar programas de **melhoria contínua**

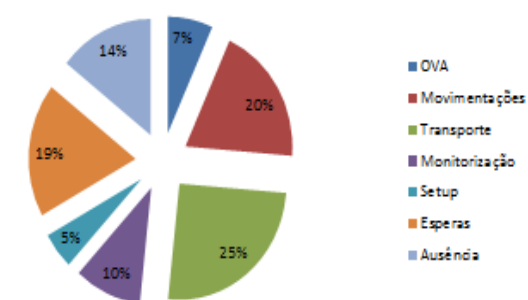
## Anexo II – *Layout* da Continental Mabor



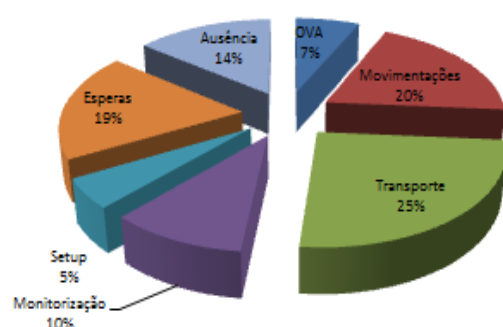
### Anexo III – Tabela WID com as observações efectuadas na extrusora 4

Plano de Observação do Processo de Extrusão (WID) Máquina 4									
Observação n°	Data	Hora	OVA	Movimentações	Transporte	Monitorização	Setup	Esperas	Ausência
1	22-Jan	09:06	0	0	1	1	1	0	0
2		09:50	0	0	2	1	0	0	0
3		10:30	1	1	1	0	0	0	1
4		11:00	0	1	2	1	0	0	0
5		11:25	0	0	1	0	0	1	2
6		13:00	1	0	0	0	1	1	1
7		13:40	1	0	2	1	0	0	0
8		14:25	0	0	0	0	0	4	0
9		15:08	0	1	1	1	0	1	0
10		15:50	0	1	1	0	0	2	0
11	23-Jan	09:00	0	0	2	1	0	1	0
12		11:05	0	1	1	0	0	2	0
13		11:35	0	0	0	0	1	3	0
14		12:00	1	1	0	0	0	2	0
15		12:35	1	1	1	0	0	1	0
16		13:00	0	2	2	0	0	0	0
17		13:40	0	0	1	1	1	0	1
18		14:25	0	0	2	0	0	0	2
19		15:10	0	0	2	1	0	0	1
20		15:55	0	1	1	1	1	0	0
21	24-Jan	09:10	1	0	1	1	0	1	0
22		09:45	0	2	0	0	0	0	2
23		10:30	1	0	1	0	1	0	1
24		11:15	0	1	1	0	0	0	2
25		12:00	0	3	0	0	0	0	1
26		13:15	0	1	1	1	0	0	1
27		14:00	0	1	2	0	0	1	0
28		14:52	1	1	0	1	0	0	1
29		15:25	0	2	0	0	0	1	1
30		15:50	0	2	1	0	0	1	0
Total			8	23	30	12	6	22	17

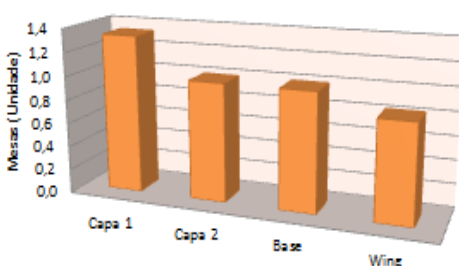
Plano de Observação do Processo de Extrusão (WID) Máquina 4



Plano de Observação do Processo de Extrusão (WID) Máquina 4



Média



	Capa 1	Capa 2	Base	Wing
Média	1.3	1.0	1.0	0.8

WIP Receita

